

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΑΘΗΝΑ 31 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1986 | ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ | ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΥΛΛΟΥ 955

ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ & ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ

Αρ.Θ. Ε. 16832

Έγκριση Προδιαγραφών Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής

Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

Σύμφωνα με τις διατάξεις:

1. Του Ν. 1558/85 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (ΦΕΚ Α 137/85)
2. Του υπ' αριθμ. 910/77 Π.Δ. «Περί Οργανισμού του Υπουργείου Δημοσίων Έργων»
3. Του Ν. 1418/84 για τα Δημόσια Έργα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων.

Σύμφωνα με:

1. Την υπ' αριθμ. 594/8.8.85 κοινή απόφαση του Πρωθυπουργού και του Υπουργού ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε με θέμα «Καθορισμός αρμοδιοτήτων του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.
2. Τις αποφάσεις ΕΔ2α/01/78/Φ.2.2.1/14.8.85 και ΕΔ2α/02/78/Φ.2.2.1/14.8.85 για μεταβίβαση αρμοδιοτήτων του Υπουργού και του Υφυπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε αντίστοιχα στον Γενικό Γραμματέα της Γενικής Γραμματείας Δημ. Έργων και ανωτέρους υπαλλήλους αυτής.

Αφού λάβαμε υπόψη:

1. Τις Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών Εδαφομηχανικής και επί τόπου Δοκιμών Εδαφομηχανικής που συντάχθηκαν με μέριμνα της Διεύθυνσης Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1).
2. Την από 7 Ιουλίου 1986 σχετική Έκθεση της Διεύθυνσης Ερευνών Εδαφών (ΕΚ1).

Αποφασίζουμε

1. Εγκρίνουμε τις «Εργαστηριακές Δοκιμές Εδαφομηχανικής» (Ε 105-86) και τις «Επί τόπου Δοκιμές Εδαφομηχανικής» (Ε 106-86).
2. Εγκρίνουμε την εφαρμογή των ανωτέρω Προδιαγραφών στα εκτελούμενα Δημόσια Έργα.
3. Η ισχύς της απόφασης αυτής αρχίζει ένα μήνα μετά τη δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Η απόφαση αυτή μαζί με τις σχετικές Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Ο
ΥΠΟΥΡΓΟΣ
ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΟΥΛΟΥΜΠΗΣ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ
ΔΟΚΙΜΩΝ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Ε 105–86

1. ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΣΕ ΞΗΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

1. Σκοπός

1.1. Η προδιαγραφή αυτή περιγράφει την προπαρασκευή των δειγμάτων εδάφους, όπως αυτά λαμβάνονται από τον τόπο προελεύσεώς τους για μηχανική ανάλυση, για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του εδάφους και την δοκιμή συμπυκνώσεως.

2. Μέγεθος δείγματος

Οι ποσότητες υλικού που χρειάζονται για την εκτέλεση μιας από τις δοκιμές έχουν ως εξής:

2.1. Κοκκομετρική μηχανική ανάλυση. Για την μηχανική ανάλυση, απαιτείται υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 10 (2,00 mm) σε ποσότητα ίση προς 115 g για αμμώδη εδάφη και 65 g για ιλυώδη ή αργιλώδη εδάφη.

2.2. Φυσικές δοκιμές. Για τον προσδιορισμό φυσικών σταθερών, απαιτείται συνολικό υλικό διερχόμενο από το κόσκινο Νο 40 (4,75 mm) ίσο προς 290 g.

Δοκιμή	g
Όριο υδαρότητας	100
Όριο πλαστικότητας	15
Ισοδύναμο φυσικής υγρασίας	50
Συρρίκνωση όγκου	30
Δοκιμές ελέγχου	95

2.3. Δοκιμή συμπυκνώσεως. Για τη στατική δοκιμή συμπυκνώσεως, απαιτούνται οι ακόλουθες ποσότητες υλικού κατά προσέγγιση:

Μέθοδος Α	3,180 Kg
Μέθοδος Β	7,260 Kg
Μέθοδος Γ	5,450 Kg
Μέθοδος Δ	11,350 Kg

3. Εργαστηριακός εξοπλισμός

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός πρέπει να συνίσταται από τα ακόλουθα:

3.1. Ζυγός. Ζυγός ευαισθησίας 0,1 g.

3.2. Μέσο ξηράνσεως. Κλίβανος θερμάνσεως, λυχνίες υπέρυθρες ή άλλες κατάλληλες συσκευές για την ξήρανση των δειγμάτων.

3.3. Κόσκινα. Σειρά κοσκίνων των εξής μεγεθών: Νο 4, Νο 10 Νο 40. Τα κόσκινα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις πρότυπες προδιαγραφές για Κόσκινα Δοκιμών (A.A.S.H.T.O. M 92).

3.4. Συσκευή κονιοποιήσεως. Για την κονιοποίηση των υλικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή γουδί με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό, ή μηχανική συσκευή από γουδί και ηλεκτροκίνητο τριβέα με επικάλυψη από ελαστικό, κατάλληλη για τον θρυμματισμό των συσσωματωμάτων των εδαφικών τεμαχιδίων χωρίς μείωση του μεγέθους των κόκκων.

3.5. Δειγματολήπτης. Σωληνωτός δειγματολήπτης ή συσκευή διαχωρισμού δειγμάτων για τον τετραμερισμό αυτών.

4. Προετοιμασία δειγμάτων δοκιμής

4.1. Το δείγμα εδάφους όπως λαμβάνεται από την ύπαιθρο, ξηραίνεται καλά είτε στον αέρα, είτε με την χρησιμοποίηση συσκεύης ξηράνσεως τέτοιας, ώστε η θερμοκρασία του εδάφους να μην υπερβεί τους 60°C, εκτός εάν προηγούμενη πείρα έχει αποδείξει ότι υψηλότερη θερμοκρασία δεν πρόκειται να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Στη συνέχεια τα συσσωματώματα θραύονται καλά με το γουδί και το γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό ή με κατάλληλη μηχανική συσκευή, κατά τρόπο, ώστε να αποφεύγεται η μείωση του φυσικού μεγέθους των κόκκων.

Στη συνέχεια εκλέγεται αντιπροσωπευτικό δείγμα δοκιμής στην ποσότητα που απαιτείται για την εκτέλεση των επιθυμητών δοκιμών, με τη μέθοδο του τετραμερισμού ή με τη χρησιμοποίηση δειγματολήπτου.

4.2. Το μέρος του δείγματος που έχει ξηρανθεί στον αέρα και προορίζεται για μηχανική ανάλυση και φυσικές δοκιμές, ζυγίζεται και το βάρος του καταγράφεται σαν το ολικό βάρος του δείγματος, χωρίς διόρθωση για το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας.

Έπειτα το δείγμα δοκιμής χωρίζεται σε δύο μέρη δια κοσκίνου Νο 10. Το συγκρατούμενο κλάσμα, στο κόσκινο Νο 10, τρίβεται σε γουδί με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό ή με κατάλληλη μηχανική συσκευή μέχρις ότου τα συσωματώματα των εδαφικών τεμαχιδίων θρυματισθούν και χωριστούν πλήρως σε μεμονωμένους κόκκους. Στη συνέχεια το υλικό χωρίζεται σε δύο κλάσματα με το κόσκινο Νο 10.

4.3. Το συγκρατούμενο κλάσμα, στο κόσκινο Νο 10, μετά τη δεύτερη κοσκίνιση τίθεται κατά μέρος για να χρησιμοποιηθεί στη μηχανική ανάλυση του χονδρόκοκκου υλικού.

5. Δείγμα δοκιμής για μηχανική ανάλυση

5.1. Τα διερχόμενα κλάσματα, από το κόσκινο Νο 10, των δύο κοσκινίσεων που περιγράφονται στην παράγραφο 4.2 αναμιγνύονται καλά και λαμβάνεται για μηχανική ανάλυση, με τη μέθοδο του τετραμερισμού ή με τη χρησιμοποίηση δειγματολήπτη, μέρος που ζυγίζει περίπου 115 γραμ. για αμμώδη εδάφη και 65 γραμ. για ιλυώδη και αργιλώδη εδάφη.

6. Δείγμα δοκιμής για προσδιορισμό Σταθερών Εδάφους

6.1. Στη συνέχεια το υπόλοιπο μέρος του διερχομένου από το κόσκινο Νο 10 υλικό, χωρίζεται σε δύο μέρη με το κόσκινο Νο 40. Το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 40 κλάσμα τρίβεται στο γουδί με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό ή με κατάλληλη μηχανική συσκευή με τρόπο, ώστε να θρυματισθούν τα συσσωματώματα των εδαφικών τεμαχιδίων χωρίς να επέλθει θραύση των κόκκων. Αν το δείγμα περιέχει εύθραυστα τεμάχια, όπως μεγάλα φυλλίδια μαρμαρυγία, θαλάσσια όστρακα κλπ., η κονιοποίηση πρέπει να γίνεται προσεκτικά και με πίεση επαρκή μόνο για την απαλλαγή των τεμαχίων από τους συγκολλημένους κόκκους του λεπτότερου υλικού. Στη συνέχεια το έδαφος που λειοτριβήθηκε χωρίζεται σε δύο κλάσματα με το κόσκινο Νο 40 και το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 40 υλικό επανακονιοποιείται όπως και προηγούμενα. Όταν διαδοχικές κονιοποιήσεις παράγουν μικρή μόνο ποσότητα εδάφους που να διέρχεται από το κόσκινο Νο 40, το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 40 υλικό απορρίπτεται.

Τα διάφορα κλάσματα που διέρχονται από το κόσκινο Νο 40, που λαμβάνονται με την επεξεργασία κονιοποιήσεως και κοσκινίσεως, όπως έχει περιγραφεί, αναμιγνύονται καλά και τοποθετούνται κατά μέρος για να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των φυσικών σταθερών του εδάφους.

7. Δείγμα για τη δοκιμή Συμπυκνώσεως

7.1. Το μέρος του εδάφους που ξηράνθηκε στον αέρα και έχει επιλεγεί για τη δοκιμή συμπυκνώσεως χωρίζεται με το κόσκινο Νο 4 σε δύο κλάσματα. Το συγκρατούμενο στο Νο 4 κλάσμα τρίβεται με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό ή με κατάλληλη μηχανική συσκευή μέχρις ότου όλα τα συσσωματώματα των εδαφικών τεμαχιδίων συντριβούν σε χωριστούς κόκκους. Στη συνέχεια το έδαφος που έχει λειοτριβηθεί χωρίζεται σε δύο κλάσματα με το κόσκινο Νο 4.

7.2. Το κλάσμα που συγκρατήθηκε μετά τη δεύτερη κοσκίνιση, απορρίπτεται. Τα κλάσματα που διήλθαν από το κόσκινο Νο 4 κατά τις δύο επεξεργασίες κοσκινίσεως, αναμιγνύονται καλά και χρησιμοποιούνται για τη δοκιμή συμπυκνώσεως.

Βιβλιογραφία

1. A.A.S.H.T.O. T-87
2. A.S.T.M. D 421-58 (78)

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

1. Εισαγωγή

Μεταξύ των χαρακτηριστικών του εδάφους που προσδιορίζονται πολύ συχνά είναι και η υγρασία.

Η υγρασία μιας εδαφικής μάζας καθορίζεται σαν ο λόγος (συνήθως εκφρασμένος επί τοις εκατό) του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους.

2. Εξοπλισμός

2.1. α) Κατάλληλοι υποδοχείς (π.χ. ύαλοι ωρολογίου) τέτοιοι ώστε να προλαμβάνεται απώλεια υγρασίας κατά τη διάρκεια της ζυγίσεως.

β) Μεταλλικά κουτιά.

2.2. Κλίβανος θερμοκρασίας 110°C

2.3. Ζυγός ευαισθησίας 0,01 g.

3. Τρόπος εργασίας

Κατά την επιλογή ενός δείγματος για τον προσδιορισμό της υγρασίας πρέπει να προσέξουμε να λάβουμε ένα αντιπροσωπευτικό δοκίμιο. Επίσης πολλά εδαφικά δείγματα είναι πιθανό να έχουν ξηρανθεί επιφανειακά. Έτσι, όταν πρόκειται να προσδιορισθεί η υγρασία, αντιπροσωπευτική του δοκιμίου, το έδαφος για τη δοκιμή πρέπει να ληφθεί από περισσότερες της μιας στρώσεις από υλικό που δεν έχει υποστεί επιφανειακή ξήρανση.

Το ποσό του εδάφους που λαμβάνεται για ένα προσδιορισμό υγρασίας εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και τη διατιθέμενη ποσότητα. Γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το δοκίμιο τόσο ακριβέστερος είναι ο προσδιορισμός, γιατί τα βάρη είναι μεγαλύτερα.

Ένα δοκίμιο για την προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας πρέπει να ζυγίζεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την έναρξη της δοκιμής, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι επιδράσεις από την επιφανειακή ξήρανση.

Μετά την προσεκτική ζύγιση το δοκίμιο ξηραίνεται σε φούρνο θερμοκρασίας 105-110°C (για υλικά που περιέχουν οργανικές ύλες σε 60°C μέγιστη) μέχρι σταθερού βάρους.

Ο χρόνος ξηράνσεως εξαρτάται από τον τύπο, την ποσότητα και το σχήμα του δοκιμίου.

Μετά την απομάκρυνσή του από το φούρνο, το δοκίμιο ψύχεται και μετά ζυγίζεται.

4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Η φυσική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Αριθμός με ακρίβεια δεκάτου.

5. Βιβλιογραφία

William Lambe, Earth Manual
Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές:
A.S.T.M. D 2216

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1. Εξοπλισμός

1.1. Ζυγός ακριβείας 0,01 g και ικανότητας τουλάχιστον 200 g
1.2. Ογκομετρικός σωλήνας 200 mL
1.3. Δοχείο τήξεως παραφίνης
1.4. Παραφίνη ή κερί.

2. Τρόπος εργασίας

Καθαρίζουμε καλά τον ογκομετρικό σωλήνα και τον γεμίζουμε κατά τα $^3/_4$ περίπου με απεσταγμένο νερό, καταγράφοντας ακριβώς τη στάθμη του νερού (αρχική ένδειξη).

Παίρνουμε ένα κομμάτι του εδαφικού δείγματος βάρους περίπου 100 γραμμαρίων και σχήματος τέτοιου που να χωράει εύκολα στον ογκομετρικό σωλήνα. Το ζυγίζουμε με ακρίβεια 0,01 γραμμαρίου και στη συνέχεια το βαπτίζουμε στο δοχείο με την λειωμένη παραφίνη μέχρις ότου επικαλυφθεί όλη η επιφάνεια του δείγματος με μια λεπτή φλούδα παραφίνης. Στη συνέχεια ζυγίζεται παραφινωμένο το δείγμα και εισάγεται με προσοχή μέσα στον ογκομετρικό σωλήνα με το νερό. Καταγράφουμε κατόπιν την νέα ένδειξη της στάθμης του νερού (τελική ένδειξη). Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δύο-τρεις φορές επί νέου εκάστοτε δείγματος και παίρνουμε μέσο όρο.

3. Τήρηση στοιχείων

Από τη διαφορά της αρχικής και τελικής αναγνώσεως, της στάθμης του νερού μέσα στο σωλήνα, βρίσκουμε τον όγκο του παραφινωμένου δείγματος.

Απ' αυτόν τον όγκο αφαιρούμε τον όγκο της παραφίνης που βρίσκουμε δια διαιρέσεως του βάρους της με το ειδικό της βάρος. Έτσι προσδιορίζεται ο όγκος του εδαφικού δείγματος.

Με διαίρεση του βάρους του εδάφους με τον όγκο του βρίσκουμε το φαινόμενο βάρος.

Κατά την τήρηση στοιχείων και τους υπολογισμούς σκόπιμο είναι να τηρείται ένας πίνακας όπως αυτός που ακολουθεί:

Α	Βάρος υγρού εδάφους + παραφίνης	(g)	72,2
Β	Βάρος υγρού εδάφους	(g)	69,1
Γ	Βάρος παραφίνης (Γ = Α-Β)	(g)	3,1
Δ	Ειδικό βάρος παραφίνης	(g/cm^3)	0,89
Ε	Όγκος παραφίνης (Γ/Δ)	(cm^3)	3,48
Ζ	Τλική ανάγνωση στάθμης ύδατος	(cm^3)	179,8
Η	Αρχική ανάγνωση στάθμης ύδατος	(cm^3)	142,9
Θ	Όγκος εδάφους + παραφίνης (Θ = Ζ—Η)	(cm^3)	36,9
Ι	Όγκος εδάφους (Ι = Θ—Ε)	(cm^3)	33,42
Κ	Φαινόμενο βάρος (Β/Ι)	(g/cm^3)	2,07

4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Δίνεται το φαινόμενο βάρος σε g/cm^3 με δύο δεκαδικά ψηφία.

5. Βιβλιογραφία

E. Manual
Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές:
A.A.S.H.T.O. T 147

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΔΑΦΩΝ

1. Ειδικό βάρος λεπτόκοκκου (Μέθοδος Ι)

1.1. Εισαγωγή

Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στον προσδιορισμό του ειδικού βάρους εδαφών.

Το ειδικό βάρος ενός εδάφους είναι ο λόγος του βάρους ορισμένου όγκου κόκκων εδάφους προς το βάρος ίσου όγκου απεσταγμένου νερού θερμοκρασίας 4°C.

Το ειδικό βάρος ενός εδάφους συνήθως χρησιμοποιείται για τον συσχετισμό του βάρους του εδάφους προς τον όγκο του.

1.2. Εξοπλισμός

1.2.1. Πυκνόμετρο χωρητικότητας 100 mL, είτε λήκυθος χωρητικότητας 50 mL.
1.2.2. Απεσταγμένο νερό
1.2.3. Αντλία κενού (προαιρετικά)
1.2.4. Ζυγός (ακριβείας 0,01 g)
1.2.5. Εστία θερμάνσεως
1.2.6. Κλίβανος
1.2.7. Ξηραντήρας
1.2.8. Θερμόμετρο (με ακρίβεια 0,1°C)
1.2.9. Δοχεία ζέσεως
1.2.10. Σταγονόμετρο ή προχοΐδα.

1.3. Τρόπος εργασίας

Το πυκνόμετρο καθαρίζεται, ξηραίνεται, ζυγίζεται και το βάρος αυτό αναγράφεται. Στη συνέχεια το πυκνόμετρο γεμίζεται με απεσταγμένο νερό πραγματικής θερμοκρασίας δωματίου. Προσδιορίζεται κατόπιν το βάρος του πυκνομέτρου με το νερό (Wa) και καταγράφεται.

Στη συνέχεια βυθίζεται ένα θερμόμετρο μέσα στο νερό και προσδιορίζεται η θερμοκρασία του (Ti) με προσέγγιση ακέραιου βαθμού.

Από το βάρος Wa που προσδιορίζεται στη θερμοκρασία Ti, συντάσσεται πίνακας διαφόρων βαρών, Wa, που αντιστοιχούν σε σειρά θερμοκρασιών, που είναι πιθανό να επικρατούν κατά τον προσδιορισμό των βαρών Wβ που ακολουθεί παρακάτω.

Το έδαφος που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή του ειδικού βάρους μπορεί ή να περιέχει την φυσική του υγρασία ή να έχει ξηρανθεί σε κλίβανο. Το βάρος του δείγματος με βάση αυτό που προκύπτει από την ξήρανση σε κλίβανο πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 g όταν χρησιμοποιείται ογκομετρική φιάλη και 10 g όταν χρησιμοποιείται λήκυθος.

Το δείγμα τοποθετείται μέσα στο πυκνόμετρο αφού ληφθεί πρόνοια ώστε να μην υπάρχει απώλεια εδάφους στην περίπτωση που το δείγμα έχει ζυγισθεί. Προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι που να γεμίσει η ογκομετρική φιάλη περίπου κατά τα 3/4 ή όταν πρόκειται για ληκύθους περίπου κατά το μισό.

Ο αέρας που έχει κατά τύχη παγιδευθεί απομακρύνεται με εφαρμογή στο περιεχόμενο μερικού κενού ή με ελαφρό βρασμό για τουλάχιστον 10 min.

Το πυκνόμετρο στη συνέχεια γεμίζεται με απεσταγμένο νερό καθαρίζεται και ξηραίνεται εξωτερικά με τη βοήθεια καθαρού στεγνού υφάσματος. Λαμβάνεται το βάρος Wβ του πυκνομέτρου με το περιεχόμενό του και η θερμοκρασία Tx του περιεχομένου σε °C.

1.4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το ειδικό βάρος εδάφους, ως προς νερό θερμοκρασίας Tx υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$\text{Ειδικό βάρος , Tx/Tx °C} = \frac{Wo}{Wo + (Wa - W\beta)}$$

όπου:
Wo = το βάρος του ξηρού σε κλίβανο δείγματος εδάφους σε g
Wa = το βάρος του πυκνομέτρου γεμάτου με νερό θερμοκρασίας Tx , σε g
Wβ = το βάρος του πυκνομέτρου γεμάτου με νερό και έδαφος σε θερμοκρασία Tx, σε g και
Tx = η θερμοκρασία του περιεχομένου του πυκνομέτρου, κατά τη μέτρηση του βάρους Wβ, σε °C.

Οι τιμές του ειδικού βάρους αναφέρονται ως προς νερό 20°C εκτός εάν υπάρχει διαφορετική απαίτηση. Η τιμή ως προς νερό 20°C υπολογίζεται από την τιμή για το νερό στην θερμοκρασία Tx που μετρήθηκε με τον ακόλουθο τρόπο:

$$\text{(Ειδικό βάρος) Tx/20°C} = K \cdot \text{(ειδικό βάρος) Tx/Tx °C}$$

όπου:

Κ = αριθμός που προκύπτει από τη διαίρεση της σχετικής πυκνότητας του νερού θερμοκρασίας Tx διά της σχετικής πυκνότητας του νερού στους 20°C. Στον πίνακα Ι δίνονται διάφορες τιμές του Κ για την συνήθη περιοχή θερμοκρασιών.

Για την αναφορά της τιμής του ειδικού βάρους ως προς νερό 4°C, η τιμή αυτή μπορεί να υπολογισθεί διά πολ/σμού της τιμής του ειδικού βάρους σε θερμοκρασία Tx επί τη σχετική πυκνότητα του νερού σε θερμοκρασία Tx.

Όταν οποιοδήποτε τμήμα του αρχικού δείγματος του εδάφους έχει απομακρυνθεί κατά την προπαρασκευή του προς δοκιμή δείγματος, το μέρος όπου έγινε η δοκιμή είναι αναγκαίο να αναφέρεται.

Η δοκιμή εκτελείται σε δύο δοκίμια από το ίδιο δείγμα. Τα αποτελέσματα εκφράζονται με ακρίβεια 0,01. Αν τα αποτελέσματα διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 0,03 η δοκιμή επαναλαμβάνεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι
Σχετική πυκνότητα νερού και συντελεστής αναγωγής Κ για διάφορες θερμοκρασίες

Θερμοκρασία °C	Σχετική πυκνότητα νερού	Συντελεστής διορθώσεως (αναγωγής) Κ
18	0,9986244	1,0004
19	0,9984347	1,0002
20	0,9982343	1,0000
21	0,9980233	0,9998
22	0,9978019	0,9996
23	0,9975702	0,9993
24	0,9973286	0,9991
25	0,9970770	0,9989
26	0,9968156	0,9986
27	0,9965451	0,9983
28	0,9962652	0,9980
29	0,9959761	0,9977
30	0,9956780	0,9974

2. Ειδικό βάρος χονδρόκοκκου χωρίς τρίψιμο του υλικού (Μέθοδος ΙΙ)

2.1. Εξοπλισμός

1. Ζυγός ικανότητας 5 kg ή και περισσότερο και ευαισθ. 0,5 g.
2. Συρμάτινα καλάθια με πλέγμα, χωρητικότητας τουλάχιστον 5 g.
3. Κατάλληλο δοχείο για την εμβάπτιση του συρμάτινου καλαθιού μέσα σε νερό, με κατάλληλο εξάρτημα αναρτήσεώς του από το δίσκο του ζυγού.

2.2. Τρόπος εργασίας

Λαμβάνεται δείγμα βάρους περίπου 5 Kg και πλένεται καλά μέχρι να φύγει η σκόνη από τους κόκκους.

Ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία 110±5°C και ψύχεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια αφού ζυγισθεί βαπτίζεται στο νερό και παραμένει τουλάχιστον 15 ώρες. Βγάζουμε το υλικό από το νερό το τοποθετούμε σ' ένα απορροφητικό ύφασμα και το σκουπίζουμε διά κυλίσεως ή ένα έναν τους μεγαλύτερους κόκκους, μέχρις ότου απομακρυνθεί το επί της επιφανείας των κόκκων νερό.

Παίρνουμε το βάρος του δείγματος σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρά κατάσταση. Κατόπιν το τοποθετούμε στο συρμάτινο καλάθι και προσδιορίζουμε το βάρος του δείγματος μέσα σε νερό θερμοκρασίας 23±1°C, αφού αφαιρέσουμε το ήδη γνωστό βάρος του καλαθιού άδειου μέσα στο νερό. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στην απομάκρυνση του αέρα που πιθανόν να έχει εγκλωβισθεί με την ανάρτηση του καλαθιού.

Το καλάθι βυθίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλυφθεί, μαζί με το δείγμα, από το νερό.

2.3. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Ο υπολογισμός του ειδικού βάρους χονδρόκοκκου γίνεται με τον ακόλουθο τύπο και εκφράζεται σαν αδιάστατος αριθμός με προσέγγιση εκατοστού.

$$\frac{A}{B - \Gamma}$$

όπου:
Α το βάρος στον αέρα του εντός φούρνου ξηραθέντος δείγματος, σε g
Β το βάρος στον αέρα του κορεσμένου και επιφανειακά ξηρού δείγματος, σε g
Γ το βάρος μέσα σε νερό του κεκορεσμένου δείγματος, σε g.
Η διαφορά Β–Γ είναι η άνωση που υπέστη το υλικό και επομένως ο όγκος του.

3. Ειδικό βάρος χονδρόκοκκου με λειοτρίβηση του υλικού

Κατά τη μέθοδο αυτή τρίβουμε το χονδρόκοκκο υλικό, με την βοήθεια ενός γουδιού, μέχρις ότου το υλικό διέρχεται από το κόσκινο Νο 10.

Στη συνέχεια ακολουθείται η μέθοδος 1 (ειδικό βάρος λεπτόκοκκου).

4. Ειδικό βάρος εδαφικού υλικού που περιέχει λεπτόκοκκο και χονδρόκοκκο κλάσμα

Σ' αυτή την περίπτωση βρίσκουμε χωριστά τα ειδικά βάρη λεπτόκοκκου και χονδρόκοκκου σύμφωνα με τη μέθοδο Ι & ΙΙ αντίστοιχα και παίρνουμε αναλυτικά σαν ειδικό βάρος την μεσοβαρική τους τιμή.

5. Βιβλιογραφία

1. W. Lambe - E. Manual
Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές
2. A.A.S.H.O. T. 100 - T85
3. A.S.T.M. D 854 - 83.

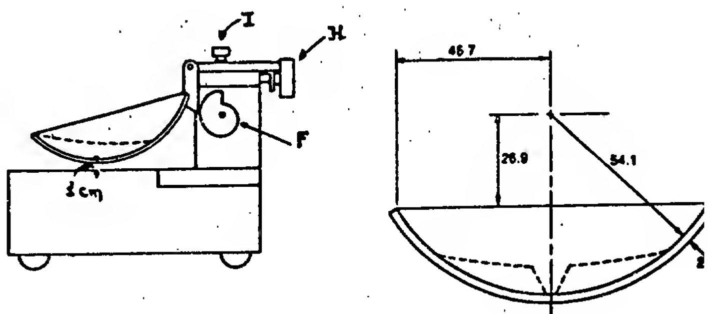
5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

1. Εισαγωγή

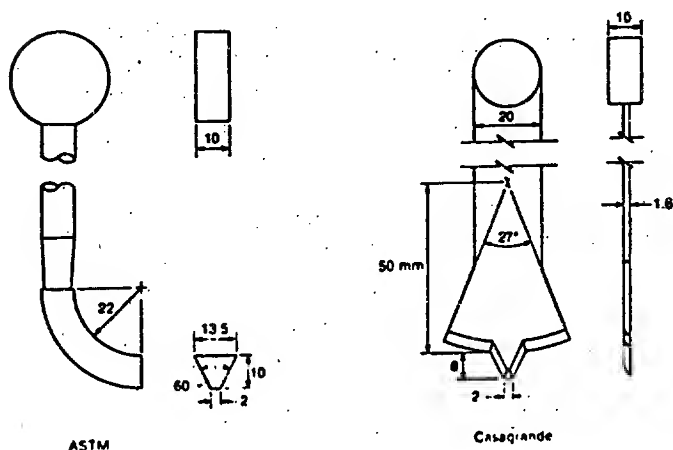
Το όριο υδαρότητας εδάφους αντιστοιχεί εξ ορισμού στην υγρασία στην οποία το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην υδαρή κατάσταση, όπως αυτή προσδιορίζεται από τη δοκιμή του ορίου υδαρότητας.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Κάψα από πορσελάνη διαμέτρου περίπου 120 mm.
2.2. Σπαθίδα ή μικρό μαχαίρι με λεπίδα μήκους περίπου 80 mm και πλάτους 20 mm.
2.3. Συσκευή ορίου υδαρότητας. Μηχανική συσκευή που συνίσταται από ένα ορειχάλκινο κύπελλο και μία βάση που είναι κατασκευασμένη σύμφωνα με το σχέδιο και τις διαστάσεις που φαίνονται στο Σχ. 1.



α) Μηχανική συσκευή ορίου υδαρότητας



β) Όργανα χαράξεως

2.4. Όργανο χαράξεως συνδυασμένο με μετρητή στο πίσω μέρος σύμφωνα με τις εμφαινόμενες στο Σχ. 1 διαστάσεις.
2.5. Υποδοχείς γυάλινοι που παρεμποδίζουν την απώλεια υγρασίας κατά την ζύγιση.
2.6. Ζυγός με ευαισθησία 0,01 g.

3. Μηχανική μέθοδος

3.1. Προκαταρκτικές εργασίες

Παίρνουμε δείγμα βάρους περίπου 100 g από το κλάσμα του υλικού, που έχει καλά αναμιχθεί και διέρχεται από το κόσκινο Νο 40.

Η συσκευή του ορίου υδαρότητας πρέπει να επιθεωρείται για να διαπιστωθεί η καλή κατάσταση λειτουργίας, ότι δεν έχει επέλθει φθορά στον πείρο που συγκρατεί το κύπελλο, ότι είναι σφιγμένοι οι κοχλίες συνδέσεως του κυπέλλου και ότι δεν έχει χαραχθεί το κύπελλο λόγω μακράς χρήσεως.

Με τον μετρητή που υπάρχει στο πίσω μέρος του οργάνου χαράξεως ρυθμίζουμε το ύψος στο οποίο θα ανυψώνεται το κύπελλο έτσι ώστε το σημείο του κυπέλλου που έρχεται σ' επαφή με την βάση της συσκευής να είναι ακριβώς 1 εκατ. πάνω από τη βάση. Στη συνέχεια σταθεροποιούμε την πλάκα ρυθμίσεως Η (Σχ. 1) σφίγγοντας τους κοχλίες Ι (Σχ. 1). Με τον μετρητή ακόμη στη θέση ελέγχουμε την ρύθμιση περιστρέφοντας τον στρόφαλο μερικές φορές. Εάν η ρύθμιση είναι καλή θα ακούγεται ένας ελαφρύς ήχος, όταν η προεξοχή του στροφάλου εφάπτεται της προεξοχής του κυπέλλου. Εάν το κύπελλο ανυψώνεται ή δεν ακούγεται ο ελαφρύς ήχος πρέπει να γίνει ξανά η ρύθμιση.

3.2. Τρόπος εργασίας

Τοποθετούμε το δείγμα εδάφους μέσα σε μια κάψα και ρίχνουμε 15-20 cm^3 απεσταγμένου νερού. Ανακατεύουμε πάρα πολύ καλά με την σπαθίδα (σπάτουλα) μέχρις ότου κατανεμηθεί ομοιόμορφα το νερό στο δείγμα. Παραπάνω προσθήκη νερού γίνεται σε ποσότητα 1-3 cm^3 και επακολουθεί η ανάμιξη ως ανωτέρω, πριν προστεθεί, αν χρειαστεί, άλλη ποσότητα νερού. Κατόπιν το δείγμα τοποθετείται στον υγραντήρα επί 30 min για ωρίμανση. Στην συνέχεια παίρνουμε μέρος της ομοιόμορφης πηκτής μάζας και την τοποθετούμε στο κύπελλο της συσκευής και στο μέρος πάνω από το σημείο που ακουμπά το κύπελλο στη βάση της συσκευής. Απλώνεται το υλικό με τη βοήθεια της σπαθίδας (σπάτουλα) καταβάλλοντας προσπάθεια να μη εγκλείσουμε φυσαλίδες μέσα στο δείγμα. Μετά την ισοπέδωση το μεγαλύτερο βάθος του δείγματος πρέπει να είναι 1 cm. Το επί πλέον έδαφος απομακρύνεται. Το εντός του κυπέλλου έδαφος διαιρείται με μια σταθερή διαδρομή του οργάνου χαράξεως κατά μήκος της διαμέτρου που διέρχεται από το μέσο του στηρίγματος του κυπέλλου, έτσι ώστε να σχηματιστεί καθαρή και απότομη χαραγή καταλλήλων διαστάσεων.

Προς αποφυγή δημιουργίας σχισμών επί των πλευρών της χαραγής ή ολισθήσεως του εδάφους, επιτρέπονται μέχρι έξη (6) τέτοιοι χειρισμοί. Το βάθος της χαραγής πρέπει να αυξάνει με κάθε χειρισμό, στο τέλος δε πρέπει να φαίνεται ο πυθμένας του κυπέλλου.

Με περιστροφή του στροφάλου F (σχ. 1) με ταχύτητα δύο στροφών ανά δευτερόλεπτο, ανυψώνεται και πέφτει το κύπελλο με το παρασκεύασμα, μέχρις ότου οι δύο πλευρές του δείγματος ενωθούν στον πυθμένα της χαραγής και σε μήκος 12,7 χιλιοστά περίπου. Αναγράφεται ο αριθμός των κτύπων που χρειάστηκαν για να κλείσει έτσι η χαραγή. Όταν περιστρέφεται ο στρόφιλος η συσκευή πρέπει να κρατιέται με το άλλο χέρι.

Τμήμα εδάφους, ίσο περίπου με το πλάτος της σπαθίδας εκτεινόμενο από άκρο σε άκρο του πλακούντος του εδάφους, κάθετα προς την χαραγή και περιλαμβάνοντας το μέρος της χαραγής που ενώθηκε το έδαφος, τοποθετείται σε κατάλληλο γυάλινο υποδοχέα ζυγίζεται και ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους σε κλίβανο θερμοκρασίας 110°C και ζυγίζεται πάλι. Καταγράφεται το ξηρό βάρος ως επίσης και το νερό που έχασε κατά την ξήρανση.

Η πιο πάνω διαδικασία, επαναλαμβάνεται σε δύο τουλάχιστον επί πλέον τμήματα του δείγματος, στα οποία έχει προστεθεί αρκετό νερό για να γίνει το δείγμα περισσότερο ρευστό.

Ο σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η επίτευξη δειγμάτων τέτοιας συστάσεως ώστε να γίνεται τουλάχιστον ένας προσδιορισμός σε κάθε μια από τις ακόλουθες τρεις περιοχές κτύπων: 25-35, 20-30, 15-25.

3.3. Τήρηση στοιχείων

Η περιεκτικότητα σε νερό βρίσκεται όπως αναφέρεται στην προδιαγραφή προσδιορισμού φυσικής υγρασίας εδάφους. Στη συνέχεια επί ημιλογαριθμικού διαγράμματος σχηματίζεται η καμπύλη ροής, που παριστά την σχέση μεταξύ περιεχομένης υγρασίας και αντίστοιχου αριθμού κτύπων, με τα ποσοστά υγρασίας σαν τετμημένες στην γραμμική κλίμακα και των αριθμών κτύπων ως τεταγμένες, στην λογαριθμική κλίμακα. Η καμπύλη ροής θα σχεδιάζεται ως ευθεία γραμμή όσον δυνατόν πλησιέστερα προς τα τρία αποτυπωθέντα σημεία. Το ποσοστό υγρασίας που αντιστοιχεί στην καμπύλη ροής με την τεταγμένη των 25 κτύπων λαμβάνεται σαν όριο υδαρότητας.

4. Μηχανική μέθοδος (εναλλακτική)

Το δείγμα και ο τρόπος εργασίας είναι ίδιος με την προηγούμενη μέθοδο εκτός του ότι το υγρό δείγμα που παίρνουμε για ζύγιση πρέπει να λαμβάνεται μόνο από μία αποδεκτή δοκιμή. Δύο τουλάχιστον κλεισίματα χαραγής πρέπει να γίνονται προτού ένα από αυτά γίνει αποδεκτό.

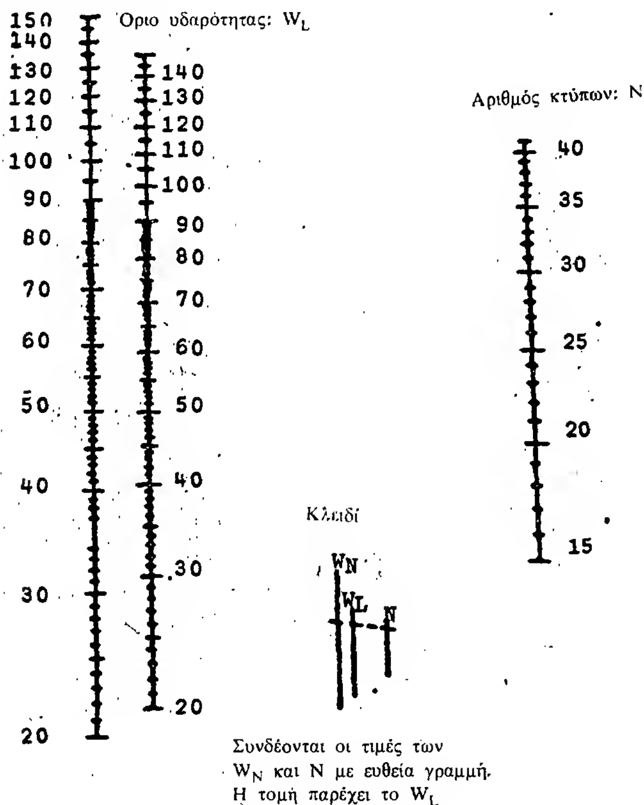
Για ακρίβεια ίση μ' αυτή που έχουμε με την μέθοδο των τριών σημείων, ο αποδεκτός αριθμός κτύπων για κλείσιμο χαραγής πρέπει να περιορίζεται μεταξύ 20 και 30 κτύπων.

Για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας χρησιμοποιείται το νομογράφημα του Σχ. 2. Το κλειδί στο Σχ. 2 δείχνει την χρησιμοποίηση του νομογραφήματος που αποτελεί την απεικόνιση της λύσεως της εξισώσεως.

Σημείωση: Οι παραπάνω διαστάσεις είναι σε mm.

Σχήμα 1

$$W_L = W_N \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$



Σχήμα 2. Νομογράφημα προσδιορισμού ορίου υδαρότητας.

Κατά την εκτέλεση δοκιμών ελέγχου ή διαιτησίας, πρέπει να χρησιμοποιείται η Μηχανική μέθοδος τριών σημείων.

5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το όριο υδαρότητας αναφέρεται σε ακέραιες μονάδες (στρογγυλεμένο στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό). Για υλικά με δείκτη πλαστικότητας μικρότερο του 10 το όριο υδαρότητας εκφράζεται με ακρίβεια 0.1.

6. Βιβλιογραφία

William Lambe - E. Manual
Αντίστοιχη ξένη προδιαγραφή:
A.A.S.H.O. T 89/60
A.S.T.M. D 4318-83

6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

1. Εισαγωγή

Το όριο πλαστικότητας εδάφους αντιστοιχεί, εξ ορισμού, στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας, στο οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεά κατάσταση και μπορεί να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm χωρίς ο ραβδίσκος να θραύεται.

2. Εξοπλισμός

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός θα αποτελείται:

2.1. Κάψα από πορσελάνη διαμέτρου περίπου 120 mm.
2.2. Σπαθίδα ή σπάτουλα με λεπίδα μήκους 80 mm περίπου και πλατους 20 mm περίπου.
2.3. Επιφάνεια για την κυλίνδρωση: Γυάλινη πλάκα σμυριδωμένη ή κομμάτι ομαλού και αστίλβωτου χαρτιού για κυλίνδρωση του δείγματος.
2.4. Υποδοχείς. Κατάλληλοι υποδοχείς, ώστε να προσαρμόζονται, ύαλοι ωρολογίου για την πρόληψη απώλειας υγρασίας κατά την διάρκεια της ζυγίσεως.
2.5. Κλίβανος θερμοκρασίας 110°C.
2.6. Ζυγός ευαισθησίας 0,001 g.

3. Τρόπος εργασίας

Λαμβάνεται ποσότητα εδάφους περίπου 20 g από μέρος του υλικού που έχει αναμιχθεί καλά, του διερχομένου από το κόσκινο Νο 40 (425 μικρά).

Τοποθετείται το έδαφος, που έχει ξηρανθεί στον αέρα, μέσα σε κάψα από πορσελάνη και αναμιγνύεται καλά με απεσταγμένο νερό μέχρι που η μάζα καταστεί αρκετά πλαστική ώστε να μορφώνεται εύκολα σε βώλο. Σαν δείγμα δοκιμής λαμβάνεται μέρος του βώλου αυτού βάρους 8 g περίπου.

Συμπιέζεται και μορφώνεται το δείγμα δοκιμής των 8 g σε μάζα ελλειψοειδούς σχήματος. Η μάζα αυτή κυλινδρώνεται μεταξύ των δακτύλων και της σμυριδωμένης γυάλινης πλάκας ή του κομματιού χαρτιού που βρίσκεται πάνω σε ομαλή οριζόντια επιφάνεια, με την ακριβώς απαιτούμενη πίεση ώστε να κυλινδρωθεί η μάζα σε ραβδίσκο ομοιόμορφου διαμέτρου σε όλο το μήκος του. Ο αριθμός κυλινδρώσεως πρέπει να είναι μεταξύ 80-90 κινήσεων ανά λεπτό, υπολογιζομένης της κινήσεως σαν μία πλήρη κίνηση του χεριού προς τα εμπρός και προς τα πίσω στη θέση εκκινήσεως.

Όταν η διάμετρος του ραβδίσκου καταστεί 3 mm ο ραβδίσκος θραύεται ξανά σε έξη ή οκτώ τεμάχια. Συμπιέζονται τα τεμάχια μαζί μεταξύ των αντιχείρων και των δακτύλων και των δύο χεριών προς ομοιόμορφη μάζα, χονδρικά ελλειψοειδούς σχήματος και επαναλαμβάνεται η κυλίνδρωση. Η εναλλαγή συνεχίζεται με κυλίνδρωση σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm, με συλλογή (συνένωση), με αναζύμωση και επανακυλίνδρωση, μέχρι που ο ραβδίσκος θρυμματισθεί με την απαιτούμενη για την κυλίνδρωση πίεση και το έδαφος δεν μπορεί πλέον να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο. Ο θρυμματισμός μπορεί να επέλθει όταν ο ραβδίσκος έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 3 mm. Αυτό πρέπει να θεωρηθεί ικανοποιητικό σημείο περατώσεως, με τον όρο ότι το έδαφος κυλινδρώθηκε προηγουμένως σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm.

Συγκεντρώνονται μαζί τα μέρη του θραυσθέντος εδάφους και τοποθετούνται μέσα σε κατάλληλο προζυγισμένο υποδοχέα. Ο υποδοχέας με το έδαφος ζυγίζεται και καταγράφεται το βάρος. Το έδαφος που είναι μέσα στον υποδοχέα, ξηραίνεται σε κλίβανο μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία 110°C και ζυγίζεται. Το βάρος αυτό καταγράφεται. Η απώλεια βάρους αναφέρεται στο βάρος ύδατος.

Ο προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας προκύπτει σαν ο μέσος όρος τριών (3) δοκιμών.

4. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

4.1. Το όριο πλαστικότητος υπολογίζεται σαν το ποσοστό επί τοις εκατό (%) του νερού, κατά βάρος, που περιέχεται στους ραβδίσκους των 3 mm που ξηράνθηκαν στον κλίβανο μέχρι σταθερού βάρους, ως εξής:

Όριο πλαστικότητας = Βάρος Νερού/Βάρος εδάφους που ξηράνθηκε στον κλίβανο × 100

4.2. Ο δείκτης πλαστικότητας εδάφους υπολογίζεται σαν η διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας, ως εξής:

Δείκτης πλαστικότητας = Όριο Υδαρότητας − Όριο Πλαστικότητας

4.3. Η διαφορά που αναγράφεται από τον υπολογισμό της παραγρ. 4.2. αναφέρεται ως «δείκτης πλαστικότητας», με εξαίρεση τις εξής περιπτώσεις:

4.3.1. Όταν το όριο υδαρότητας ή το όριο πλαστικότητας δεν μπορούν να προσδιοριστούν, αναφέρεται ο δείκτης πλαστικότητας σαν NP (μη πλαστικό).

4.3.2. Όταν το έδαφος είναι εξαιρετικά αμμώδες, η δοκιμή για το όριο πλαστικότητας πρέπει να εκτελείται πριν από το όριο υδαρό-

τητας. Αν το όριο πλαστικότητας δεν μπορεί να προσδιοριστεί, αναφέρονται και το όριο υδαρότητας και το όριο πλαστικότητας σαν NP (μη πλαστικό).

4.3.3. Όταν το όριο πλαστικότητας είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το όριο υδαρότητας, αναφέρεται ο δείκτης πλαστικότητας σαν NP. Το όριο πλαστικότητας και ο δείκτης πλαστικότητας εκφράζονται στρογγυλεμένοι στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. Για υλικά με δείκτη πλαστικότητας μικρότερο του 10 εκφράζονται με ακρίβεια 0.1.

5. Βιβλιογραφία

1. A.A.S.H.T.O. T-90/61
2. Δοκιμές εδάφους για Μηχανικούς από τον William Lambe
3. E. Manual
4. A.S.T.M. D 4318-83

7. ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΚΑΙ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΞΗΡΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

1. Σκοπός

1.1. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την διαδικασία για τον προσδιορισμό της κατανομής των διαφόρων μεγεθών κόκκων σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή υλικά, με τη χρησιμοποίηση κοσκίνων τετραγωνικών οπών. Επίσης η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη και για τη χρησιμοποίηση Εργαστηριακών κόσκινων κυκλικών οπών. Η μέθοδος αυτή, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κοκκομετρική ανάλυση αδρανών υλικών, που ανακτήθηκαν από ασφαλτικά μίγματα ή για την κοκκομετρική ανάλυση ορυκτής παιπάλης.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω:

2.1. Ζυγός. Ο ζυγός πρέπει να είναι ευαισθησίας 0.1% του βάρους του δείγματος που εξετάζεται.

2.2. Κόσκινα. Τα πλέγματα των κοσκίνων τετραγωνικών οπών πρέπει να είναι προσαρμοσμένα σε στερεά πλαίσια κατασκευασμένα κατά τρόπο, που να αποφεύγεται απώλεια υλικού κατά το κοσκίνισμα. Πρέπει επίσης να εκλέγονται κόσκινα κατάλληλων διαστάσεων, για την παροχή των πληροφοριών που απαιτούνται από τις προδιαγραφές που αναφέρονται στο υλικό που εξετάζεται. Τα κόσκινα με συρμάτινο πλέγμα να είναι σύμφωνα με τις Πρότυπες Προδιαγραφές κοσκίνων για δοκιμές (A.A.S.H.T.O. M-92).

Σημείωση: Αν χρησιμοποιούνται κόσκινα κυκλικών οπών από διάτρητα ελάσματα, τα ανοίγματα πρέπει να συμφωνούν με τις διαστάσεις που εφαρμόζονται και τις ανοχές που περιγράφονται στις Πρότυπες Προδιαγραφές κοσκίνων για δοκιμές (A.A.S.H.T.O. L-92).

2.3. Κλίβανος. Ο κλίβανος πρέπει να είναι ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία 110°C.

3. Δείγματα

3.1. Τα δείγματα για κοκκομετρική ανάλυση πρέπει να παίρνονται από τα προς εξέταση υλικά με τη χρησιμοποίηση συσκευής διαχωρισμού δειγμάτων ή με τη μέθοδο του τετραμερισμού. Λεπτόκοκκο αδρανές υλικό που παίρνεται σαν δείγμα με τη μέθοδο του τετραμερισμού, πρέπει να αναμιγνύεται καλά και να είναι ελαφρώς υγρό. Το δείγμα που εξετάζεται πρέπει να έχει κατά προσέγγιση το επιθυμητό βάρος και να είναι το τελικό αποτέλεσμα εφαρμογής της μεθόδου δειγματοληψίας. Η εκλογή δειγμάτων με βάρος που να καθορίζεται με ακρίβεια από προηγούμενα, πρέπει να αποφεύγεται.

3.2. Τα δείγματα λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού, για κοκκομετρική ανάλυση, πρέπει μετά την ξήρανση να έχουν κατά προσέγγιση τα βάρη που αναφέρονται πιο κάτω.

Υλικό με κατ' ελάχιστο 95% διερχόμενο του κόσκινου No 8 (2380 μ.): 500 g.

Υλικό με κατ' ελάχιστο 90% διερχόμενο του κόσκινου No 4 (4760 μ.) και περισσότερο των 5% συγκρατούμενο στο κόσκινο No 8: 500 g.

3.3. Τα δείγματα χονδρόκοκκου αδρανούς υλικού για κοκκομετρική ανάλυση πρέπει να έχουν βάρη, μετά την ξήρανση, όχι μικρότερα αυτών που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ονομαστικό Μέγιστο Μέγεθος Κόκκου σε cm	Ελάχιστο Βάρος Δείγματος σε g (I)
0,965	1.000
1,270	2.500
1,930	5.000
2,540	10.000
3,810	15.000
5,080	20.000
6,350	25.000
7,620	30.000
8,890	35.000

3.4. Στην περίπτωση μιγμάτων λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών, το υλικό πρέπει να διαχωρίζεται με το κόσκινο No 4 (4760 μ.) σε δύο μεγέθη και τα δείγματα λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών υλικών πρέπει να προετοιμάζονται σύμφωνα με τις παραγράφους 3.2 και 3.3.

3.5. Στην περίπτωση λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού, το υλικό που είναι λεπτότερο του κόσκινου No 200 (74 μ.) πρέπει να προσδιορίζεται σύμφωνα με τη Πρότυπη Μέθοδο Προσδιορισμού της Ποσότητας Υλικού Λεπτότερου του Κοσκίνου No 200 σε Αδρανή Υλικά και η κοκκομετρική ανάλυση να εκτελείται στο υλικό που είναι χονδρότερο του κοσκίνου No 200 (74 μ.).

4. Προετοιμασία δείγματος

4.1. Τα δείγματα πρέπει κατ' αρχήν να εξετάζονται σύμφωνα με την Πρότυπη Μέθοδο Προσδιορισμού υλικού λεπτότερου του Κόσκινου No 200 στα Αδρανή με πλύση. Η διαδικασία αυτή μπορεί να παραληφθεί με την προϋπόθεση ότι δεν απαιτείται η συνολική ποσότητα του υλικού του λεπτότερου του κοσκίνου No 200, και ότι απαιτήσεις ακριβείας της κοκκομετρικής αναλύσεως δεν απαιτούν πλύση των κόκκων. Όλα τα δείγματα πρέπει να ξηραίνονται ουσιαστικά μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία που να μην υπερβαίνει τους 110°C.

5. Τρόπος εργασίας

5.1. Το δείγμα πρέπει να διαχωρίζεται σε σειρά μεγεθών με τη χρησιμοποίηση εκείνων των κοσκίνων τα οποία είναι αναγκαία για να διαπιστωθεί κατά πόσο το υλικό που εξετάζεται είναι μέσα στις Προδιαγραφές. Το κοσκίνισμα πρέπει να γίνεται με πλευρικές και κατακόρυφες κινήσεις του κοσκίνου, και να συνοδεύεται από τραντάγματα, ώστε το δείγμα να είναι σε συνεχή κίνηση, πάνω στην επιφάνεια του κοσκίνου.

Σε καμιά περίπτωση δεν επιτρέπεται τεμάχια του δείγματος να περιστρέφονται ή να πιέζονται στο κόσκινο με τα χέρια.

5.2. Το βάρος κάθε κλάσματος πρέπει να προσδιορίζεται με ζυγό σύμφωνα με τις απαιτήσεις της παραγράφου 2.1. Αν ζητείται η ολική ποσότητα του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου No 200, αυτή πρέπει να προσδιορίζεται και με την πρόσθεση του βάρους του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο No 200, κατά το ξηρό κοσκίνισμα στο ποσοστό που διέρχεται με την πλύση όπως προσδιορίζεται με την υγρά μέθοδο.

6. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

6.1. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής αναλύσεως πρέπει να αναφέρονται ως εξής: (α) με τα ολικά % ποσοστά που διέρχονται

(I) Για δείγματα που ζυγίζουν 5000 g ή περισσότερο, συνιστάται η χρησιμοποίηση κοσκίνων που έχουν διάμετρο πλαισίου (περίπου 40 cm) ή μεγαλύτερη.

από κάθε κόσκινο, ή (β) με τα ολικά % ποσοστά που συγκρατούνται σε κάθε κόσκινο, ή (γ) με τα % ποσοστά που συγκρατούνται μεταξύ των διαδοχικών κοσκίνων, ανάλογα με τον τύπο των προδιαγραφών για τη χρησιμοποίηση του υλικού που εξετάζεται. Τα ποσοστά πρέπει να αναφέρονται στρογγυλεμένα με τον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό, με εξαίρεση το ποσοστό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 200, το οποίο πρέπει να αναφέρεται με προσέγγιση 0,1%. Τα ποσοστά πρέπει να υπολογίζονται με βάση το ολικό βάρος του δείγματος, συμπεριλαμβανομένου και του υλικού του λεπτότερου του κόσκινου Νο 200.

8. Βιβλιογραφία

1. A.A.S.H.T.O. T-27
2. Earth Manual

8. ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΟΥ ΚΟΣΚΙΝΟΥ Νο 200 ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

1. Σκοπός

1.1. Η μέθοδος αυτή περιγράφει την διαδικασία προσδιορισμού της ολικής ποσότητας υλικού λεπτότερου του προτύπου κοσκίνου Νο 200 (74μ) σε αδρανή υλικά (Σημείωση Ι).

Σημείωση Ι. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ολική ποσότητα του υλικού λεπτότερου του κοσκίνου Νο 200 μπορεί να μην προσδιορισθεί με τη διαδικασία αυτή. Τέτοιος προσδιορισμός μπορεί να εκτελεσθεί με το συνδυασμό υγρού και ξηρού κοσκινίσματος.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός πρέπει να αποτελείται από τα παρακάτω:

2.1. Κόσκινα. Συνδυασμός δύο κοσκίνων, εκ των οποίων το κατώτερο είναι το κόσκινο Νο 200 (74 μ.) και το ανώτερο το κόσκινο Νο 16 (1180 μ.) ή παραπλήσιο και τα δύο πρέπει να είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Πρότυπης Προδιαγραφής κοσκίνων για δοκιμές (A.A.S.H.T.O. M-92).

2.2. Υποδοχέας. Υποδοχέας ικανού μεγέθους, ώστε να χωράει το δείγμα βυθισμένο όλο μέσα στο νερό και να επιτρέπει δυνατή ανατάραξη χωρίς απώλειες από απροσεξία.

2.3. Ζυγός. Ο ζυγός πρέπει να είναι ευαισθησίας μέχρι 0,1% του βάρους του δείγματος που εξετάζεται.

2.4. Κλίβανος. Ο κλίβανος πρέπει να είναι ικανός να διατηρεί θερμοκρασία σταθερή 110°C.

3. Δείγμα Δοκιμής

3.1. Το δείγμα της δοκιμής πρέπει να προέρχεται από υλικό που αναμίχθηκε καλά και το οποίο περιέχει αρκετή υγρασία, ώστε να αποφεύγεται ο διαχωρισμός. Πρέπει να λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα, αρκετό για να δώσει ξηρό βάρος υλικού όχι λιγότερο εκείνου που απαιτείται για τη δοκιμή, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Ονομαστικό Μέγιστο Μέγεθος κοσκίνου	Κατά προσέγγιση ελάχιστο βάρος δείγματος σε kg
Νο 4 4,75 mm	0,5
9,5 mm	1,0
19,0 mm	2,5
37,5 mm ή μεγαλύτερο	5,0

4. Τρόπος εργασίας

4.1. Το δείγμα για τη δοκιμή ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 110°C, και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1%.

4.2. Το δείγμα της δοκιμής μετά την ξήρανση και τη ζύγιση, τοποθετείται μέσα στον υποδοχέα και καλύπτεται με αρκετό νερό, ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης διαχωρισμός του υλικού του λεπτότερου του κοσκίνου Νο 200, από τα χονδρότερα τεμάχια.

Το περιεχόμενο του υποδοχέα αναταράσσεται ισχυρά και το νερό πλύσεως χύνεται αμέσως μέσα στα συνδυασμένα δύο κόσκινα, διευθετημένα με το χονδρότερο κόσκινο επάνω. Η χρησιμοποίηση κουτάλας για την ανατάραξη του υλικού μέσα στο νερό πλύσεως αποδείχθηκε ικανοποιητική.

4.3. Η ανατάραξη πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή, ώστε να επιτυγχάνεται ο πλήρης διαχωρισμός των κόκκων που διέρχονται από το κόσκινο Νο 200 (74 μ.) από τους χονδρότερους και να προκαλεί αιώρηση του λεπτού υλικού, για να απομακρύνεται με στράγγιση του νερού πλύσεως. Η εργασία αυτή επαναλαμβάνεται όσο απαιτείται, ώστε το νερό πλύσεως να γίνει διαυγές.

4.4. Όλο το υλικό που συγκρατήθηκε στα κόσκινα επαναφέρεται στο δείγμα που πλύθηκε. Το πλυμένο αδρανές υλικό ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους, σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 110°C και ζυγίζεται με προσέγγιση 0,1%.

5. Υπολογισμός

5.1. Τα αποτελέσματα υπολογίζονται με τον παρακάτω τύπο:

Ποσοστό υλικού λεπτότερου του κόσκινου Νο 200 = (Αρχικό Ξηρό Βάρος) — (ξηρό βάρος με πλύση) / Αρχικό Ξηρό Βάρος × 100

6. Προσδιορισμοί επαληθεύσεως

6.1. Όταν είναι επιθυμητή η εκτέλεση Προσδιορισμού επαληθεύσεως, το νερό πλύσεως, είτε εξατμίζεται μέχρι ξηρού είτε διηθείται σε προζυγισμένο διηθητικό χαρτί το οποίο στη συνέχεια ξηραίνεται, το υπόλειμμα ζυγίζεται, και το % ποσοστό υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

Ξηρό Βάρος υπολείμματος / Ξηρό Βάρος αρχικού δείγματος × 100

7. Βιβλιογραφία

1. A.A.S.H.T.O. T-II
2. Earth Manual
3. A.S.T.M. D 1140-71

9. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΟΜΕΤΡΟ

1. Εισαγωγή

Η μέθοδος αυτή περιγράφει τον τρόπο εργασίας για τον ποσοτικό προσδιορισμό της κατά μέγεθος κατανομής των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Ζυγός ακριβείας 0.1 g.

2.2. Συσκευή αναδεύσεως. Μηχανική συσκευή αναδεύσεως που αποτελείται από ένα ηλεκτρικό κινητήρα κατάλληλα προσαρμοσμένο ώστε να περιστρέφει κατακόρυφο άξονα με ταχύτητα όχι μικρότερη από 10.000 στροφές το λεπτό χωρίς φορτίο, από ένα πτερύγιο αναδεύσεως από μέταλλο ή σκληρό ελαστικό που να μπορεί να αντικατασταθεί και από ένα κύπελλο διασποράς (Σχ. 1).

2.3. Υδρόμετρο (Πυκνόμετρο). Αυτό θα έχει το σχήμα και τις διαστάσεις που φαίνονται στο (Σχ. 2). Υπάρχουν δύο τύποι υδρομέτρων. Αυτά που φέρουν την κλίμακα Α και εκείνα με την κλίμακα Β. Η κλίμακα Α έχει υποδιαιρέσεις από 0 έως 60 γραμ. ανά λίτρο. Τα υδρόμετρα (πυκνόμετρα) που φέρουν την κλίμακα αυτή χαρακτηρίζονται τύπου 152 Η. Η βαθμονόμηση γίνεται με βάση την παραδοχή ότι το απεσταγμένο νερό έχει ειδικό βάρος 1,000 στους 20°C και ότι το ειδικό βάρος του εδάφους που βρίσκεται σε διασπορά είναι 2,65. Η κλίμακα Β έχει υποδιαιρέσεις από ειδικό βάρος 0,995 μέχρι 1,038 και η βαθμονόμηση γίνεται έτσι ώστε να δείχνει 1,000 μέσα σε απεσταγμένο νερό 20°C. Υδρόμετρα (πυκνόμετρα) που φέρουν την κλίμακα αυτή χαρακτηρίζονται τύπου 151 Η.

2.4. Γυάλινοι ογκομετρικοί κύλινδροι των 1.000 mL ύψους 45,72 cm και διαμέτρου 6,35 cm.
2.5. Θερμόμετρο ακριβείας 0,5°C.
2.6. Κόσκινο Νο 10 τετραγωνικών οπών, με συρμάτινο πλέγμα σύμφωνα με τις απαιτήσεις των Προτύπων Προδιαγραφών για κόσκινα δοκιμών (A.A.S.H.T.O. M-92).
2.7. Υδατόλουτρο ή χώρος σταθερής θερμοκρασίας, για την διατήρηση σε σταθερή θερμοκρασία του εδαφικού αιωρήματος κατά τη διάρκεια της εκτελέσεως της δοκιμής.

Ικανοποιητικό υδατόλουτρο αποτελεί μια μικρή δεξαμενή νερού καλά μονωμένη που να διατηρεί το αιώρημα σε κατάλληλη σταθερή θερμοκρασία όσο το δυνατό πιο κοντά στους 20°C.
2.8. Γυάλινο ποτήρι — χωρητικότητας 250 mL.

3. Περιγραφή εργασίας

3.1. Το δείγμα που χρησιμοποιείται για τη δοκιμή αυτή περιλαμβάνει: όλο το υλικό που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 10 και αντιπροσωπευτική ποσότητα, περίπου 100 g. από το κλάσμα του υλικού που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10. Εάν το κλάσμα αυτό είναι πολύ αμμώδες τότε προστίθεται μεγαλύτερη ποσότητα από το διερχόμενο του κόσκινου Νο 10.

Τα δείγματα αυτά λαμβάνονται σύμφωνα με τη μέθοδο Κοκκομετρικής αναλύσεως εδαφών με κόσκινα (Προδιαγρ. Ε 105-86-7).
3.2. Για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας χρησιμοποιείται ποσότητα περίπου 50 g. από το κλάσμα του υλικού, που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10 σύμφωνα με την μέθοδο προσδιορισμού φυσικής υγρασίας (Προδιαγρ. Ε 105-86-2).
3.3. Από το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10 λαμβάνονται με σωληνωτό δειγματολήπτη, περίπου 50 g. για τα περισσότερα εδάφη ή 100 g. για τα αμμώδη εδάφη, ζυγίζονται, τοποθετούνται μέσα σε ποτήρια των 250 mL, καλύπτονται με 125 mL από το έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς που έχει επιλεγεί, αναδεύονται καλά με γυάλινη ράβδο και αφήνονται να διαβραχούν επί 12 τουλάχιστον ώρες.

Σαν παράγοντας διασποράς μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε από τους τέσσερις που δίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Παράγοντες διασποράς

Χημική ένωση	Γραμμάρια άλατος ανά λίτρο έτοιμου διαλύματος	Χημικός Τύπος
Εξαμεταφωσφορικό Νάτριο με Ανθρακικό Νάτριο ως ρυθμιστικό (1)	45,7	$NaPO_3$ ή $(NaPO_3)_6$
Πολυφωσφορικό Νάτριο	21,6	$Na_{12}P_{10}O_{31}$
Τριφωσφορικό Νάτριο	18,8	$Na_5P_3O_{10}$
Τετραφωσφορικό Νάτριο (2)	35,1	$Na_6P_4O_{13}$
(1) Εμπορική ονομασία "Calgon" (2) Εμπορική ονομασία "Quadrofos"		

Το έτοιμο διάλυμα παρασκευάζεται με διάλυση της καθορισμένης ποσότητας άλατος όπως δίνεται στον πίνακα 1 σε απεσταγμένο νερό ώστε να παρασκευασθεί ένα λίτρο διαλύματος. Μετά την διαβροχή, το περιεχόμενο του ποτηριού μεταφέρεται με επίπλυση μέσα σε ένα κύπελλο διασποράς σαν τα εικονιζόμενα στο Σχ. 1, προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρις ότου πληρωθεί το κύπελλο περισσότερο από το μισό και το περιεχόμενο αναδεύεται με τη μηχανική συσκευή αναδεύσεως επί 1 min. ώστε να επιτευχθεί διασπορά.
3.4. Στη συνέχεια το μίγμα μεταφέρεται στο γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο όπου προστίθεται απεσταγμένο νερό, της ίδιας θερμοκρασίας με αυτή του υδατόλουτρου, μέχρι τελικού όγκου 1000 mL.

Τότε ο ογκομετρικός κύλινδρος τοποθετείται μέσα στο υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας. Όταν το εδαφικό αιώρημα αποκτήσει την θερμοκρασία του υδατόλουτρου, εξάγεται ο κύλινδρος και το περιεχόμενό του αναταράσσεται επί 1 min. Σαν πώμα του στομίου του ογκομετρικού κυλίνδρου χρησιμοποιείται η παλάμη.
3.5. Σημειώνεται ο χρόνος περατώσεως της αναταράξεως, τοποθετείται ο ογκομετρικός κύλινδρος μέσα στο υδατόλουτρο και διαβάζονται οι ενδείξεις του υδρομέτρου στο τέλος των 2 min. Η ένδειξη του υδρομέτρου πρέπει να διαβάζεται στην κορυφή του μηνίσκου του αιωρήματος γύρω από το στέλεχος του υδρομέτρου. Εάν χρησιμοποιείται υδρόμετρο με την κλίμακα Α η ανάγνωση πρέπει να γίνεται με προσέγγιση 0,5 g/L.

Η κλίμακα Β πρέπει να διαβάζεται με προσέγγιση 0,0005 του ειδικού βάρους. Οι μετέπειτα ενδείξεις λαμβάνονται κατά χρονικά διαστήματα 5, 15, 30, 60, 250 και 1440 min από την έναρξη της κατακαθίσεως. Αμέσως μετά κάθε ανάγνωση του υδρομέτρου μετράται και σημειώνεται η θερμοκρασία του εδαφικού αιωρήματος, με τη χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου.
3.6. Μετά το τέλος κάθε αναγνώσεως, το υδρόμετρο απομακρύνεται προσεκτικά από το εδαφικό αιώρημα και τοποθετείται με περιστροφική κίνηση μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο γεμάτο καθαρό νερό. Περίπου 25 ή 30 sec πριν την επόμενη ανάγνωση; το υδρόμετρο από το καθαρό νερό βυθίζεται αργά μέσα στο εδαφικό αιώρημα έτσι ώστε να εξασφαλισθεί η ακινητοποίησή του πριν από τον καθορισμένο χρόνο αναγνώσεως.
3.7. Μετά την τελική ανάγνωση του υδρομέτρου, το αιώρημα πλένεται επάνω σε κόσκινο Νο 200. Το κλάσμα που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 200 ξηραίνεται και εκτελείται κοκκομετρική ανάλυση με τα ακόλουθα κόσκινα: Νο 40, Νο 60 και Νο 200.

4. Υπολογισμοί

4.1. Προσδιορισμός υγροσκοπικής υγρασίας του κλάσματος %

$$= \frac{W - W1}{W1} \times 100$$

W = βάρος εδάφους που έχει ξηρανθεί στον αέρα και
W1 = βάρος εδάφους που έχει ξηρανθεί στον κλίβανο.

Η διόρθωση του βάρους του ξηραθέντος στον αέρα εδάφους για υγροσκοπική υγρασία γίνεται πολλαπλασιάζοντας το δεδομένο βάρος με την τιμή:

$$\frac{100}{100 - \text{ποσοστό υγροσκοπικής υγρασίας}}$$

4.2. Χονδρόκοκκο υλικό

4.2.1. Το ποσοστό % του χονδρόκοκκου υλικού υπολογίζεται από τα βάρη των κλασμάτων όπως προέκυψαν κατά το κοσκίνισμα του υλικού του συγκρατούμενου στο κόσκινο Νο 10 και από τα συνολικά βάρη που προέκυψαν κατά την διάρκεια της προετοιμασίας του δείγματος σύμφωνα με την μέθοδο κοκκομετρικής αναλύσεως.
4.2.2. Το ποσοστό % του χονδρόκοκκου υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 10 υπολογίζεται ως εξής:

Από το ολικό βάρος του δείγματος που έχει ξηρανθεί στον αέρα αφαιρουμένου του βάρους του κλάσματος του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 10 που έχει ξηρανθεί στον κλίβανο. Η διαφορά αυτή θεωρείται ότι είναι ίση προς το βάρος του κλάσματος που έχει ξηρανθεί στον αέρα και που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10.

Σημείωση: Σύμφωνα με την παραδοχή, αυτοί οι κόκκοι του συγκρατουμένου στο κόσκινο Νο 10 κλάσματος που έχουν ξηρανθεί στον αέρα δεν περιέχουν υγρασία, στην πραγματικότητα όμως είναι δυνατόν να υπάρχει στο κλάσμα αυτό ένα μικρό ποσοστό υγρασίας. Η ποσότητα όμως της υγρασίας αυτής είναι σχετικά μικρή, αν συγκριθεί με αυτή που συγκρατείται στους πόρους του κλάσματος που διέρχεται από το κόσκινο Νο 10. Έτσι το λάθος από την παραδοχή αυτή μπορεί να θεωρείται ασήμαντο.

Το βάρος του διερχομένου από το κόσκινο Νο 10 κλάσματος διορθώνεται για υγροσκοπική υγρασία, όπως ορίζεται πιο πάνω. Στη τιμή αυτή προστίθεται το βάρος του κλάσματος που έχει ξηρανθεί στον κλίβανο και συγκρατείται στο κόσκινο Νο 10, για να ληφθεί το συνολικό βάρος του εξεταζομένου δείγματος, διορθωμένο ως προς την υγροσκοπική υγρασία. Τα συγκρατούμενα στο κόσκινο Νο 10 και στα μεγαλύτερα κόσκινα θα πρέπει να εκφράζονται σαν ποσοστά του διορθωμένου αυτού βάρους.

4.3. Ποσοστό εδάφους στο αιώρημα

4.3.1. Οι ενδείξεις του υδρομέτρου που διαβάζονται σε θερμοκρασία διάφορη των 20°C διορθώνονται με την κατάλληλη σύνθετη διόρθωση από ένα από τους ακόλουθους πίνακες: Οι πίνακες (4) και (5), παρέχουν αντίστοιχα τις σύνθετες διορθώσεις για τα υδρόμετρα 151Η και 152Η, που εφαρμόζονται για τους διάφορους παράγοντες διασποράς, για τις αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τους 20°C και για το ύψος του μηνίσκου επάνω στο στέλεχος του υδρομέτρου.

4.3.2. Το ποσοστό % του εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος και παρέχεται από τις διάφορες διορθωμένες αναγνώσεις του υδρομέτρου, εξαρτάται από την ποσότητα και από το ειδικό βάρος του εδάφους που βρίσκεται σε διασπορά. Το ποσοστό του εδάφους που παραμένει σαν αιώρημα υπολογίζεται από τους τύπους:

Για υδρόμετρο 152 Η

$$P = \frac{Ra}{W} \cdot 100$$

Για υδρόμετρο 151 Η

$$P = \frac{1606\ (R-1)\ a}{W} \cdot 100$$

όπου:

P = ποσοστό % του αρχικού δείγματος εδάφους, που αναμίχθηκε και παραμένει σαν αιώρημα.

R = διορθωμένη ένδειξη του υδρομέτρου.

W = βάρος σε (g) του αρχικού δείγματος του εδάφους ελαττωμένο κατά την υγροσκοπική του υγρασία, και

a = σταθερά που εξαρτάται από την πυκνότητα του αιωρήματος.

Οι τιμές a δίνονται στον πιο κάτω πίνακα 2 με ακρίβεια εκατοστού.

Πίνακας 2. Τιμές του a για διάφορα ειδ. βάρη.

Ειδικό βάρος	σταθερά, a
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05

Για τις τρέχουσες μετρήσεις έχουμε ικανοποιητική ακρίβεια διαλέγοντας τη σταθερά a για το ειδ. βάρος το πλησιέστερο προς το ειδ. βάρος του προς εξέταση δείγματος.

4.3.3. Για τη μετατροπή των % ποσοστών του «εν αιωρήσει» εδάφους σε ποσοστό % του ολικού προς εξέταση δείγματος, που περιλαμβάνει και το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 10 κλάσμα, το ποσοστό του αρχικού δείγματος που παραμένει σε μορφή αιωρήματος πολλαπλασιάζεται επί την έκφραση:

$$\frac{100 - \text{ποσοστό \% συγκρατούμενο επί του κοσκίνου No 10}}{100}$$

4.4. Διάμετρος των κόκκων εδάφους που βρίσκεται σε μορφή αιωρήματος.

4.4.1. Η μέγιστη διάμετρος d των κόκκων που βρίσκονται σε αιώρημα που αντιστοιχεί σε κάποιο (%) ποσοστό παρεχόμενο από αναγνώσεις του υδρομέτρου, υπολογίζεται με την εφαρμογή του νόμου του Stokes.

Σύμφωνα προς το νόμο του Stokes έχουμε:

$$d = \sqrt{\frac{30\ nL}{980\ (G - G1)\ T}}$$

όπου:

d = η μέγιστη διάμετρος σε mm

n = συντελεστής ιξώδους, σε poises, του μέσου διασποράς (στην περίπτωση αυτή του νερού). Μεταβλητός, ανάλογα με την θερμοκρασία του αιωρήματος

L = απόσταση σε cm, που διατρέχουν κατά την καθίζησή του οι κόκκοι του εδάφους σε μια ορισμένη χρονική περίοδο

T = χρόνος σε mm, περιόδου καθιζήσεως

G = ειδικό βάρος των κόκκων του εδάφους, και

G1 = ειδικό βάρος του μέσου διασποράς (για το νερό κατά προσέγγιση ≃ 1).

4.4.2. Οι μέγιστες διάμετροι κόκκων στο αιώρημα κάτω από δεδομένες συνθήκες, που αντιστοιχούν σε καθορισμένες περιόδους καθιζήσεων, δίνονται στον πίνακα 3. Οι διάμετροι αυτές διορθώνονται για τις συνθήκες της δοκιμής, με τη χρησιμοποίηση των κατάλληλων συντελεστών διορθώσεως όπως εξηγείται πιο κάτω.

Πίνακας 3. Μέγιστη διάμετρος κόκκων σε αιώρημα κάτω από τις δεδομένες συνθήκες.

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκου (mm)
2	0,041
5	0,026
15	0,015
30	0,011
60	0,0074
250	0,0037
1440	0,0015

4.4.3. Οι διάμετροι των κόκκων που δίνονται στον πίνακα 3 υπολογίσθηκαν σύμφωνα με τις πιο κάτω παραδοχές:

L = η απόσταση που διατρέχουν οι κόκκοι είναι σταθερή και ίση προς 17,5 cm

n = ο συντελεστής ιξώδους είναι ίσος προς τον του νερού στους 20°C δηλαδή 0,01005 Poises.

G = το ειδ. βάρος του εδάφους είναι σταθερό και ίσο προς 2,65.

4.4.4. Οι διάμετροι των κόκκων διορθώνονται για συνθήκες διάφορες των παραδοχών σύμφωνα με τον τύπο:

$$d = d' \cdot K_L \cdot K_G \cdot K_n$$

όπου:

d = διορθωμένη διάμετρος κόκκων σε mm

d' = διάμετρος κόκκων λαμβανόμενη από τον πίνακα 3.

K_L = συντελεστής διορθώσεως λαμβανόμενος από το σχήμα 3 όπου στον άξονα των τεταγμένων σαν ανάγνωση του υδρομέτρου (πυκνομέτρου) χρησιμοποιείται η ανάγνωση χωρίς την σύνθετη διόρθωση. Λαμβάνεται επίσης από τους πίνακες 6 ή 7, ανάλογα με το τύπο του πυκνομέτρου 151 Η ή 152 Η.

K_G = συντελεστής διορθώσεως όπως λαμβάνεται από το Σχ. 4 (α) ή από τον πίνακα 8.

K_n = συντελεστής διορθώσεως όπως λαμβάνεται από το Σχ. 4 (β) ή από τον πίνακα 8.

4.4.5. Οι συντελεστές K_G και K_n είναι ανεξάρτητοι από το σχήμα και τη θέση του υδρομέτρου, ο συντελεστής K_L εξαρτάται από το υδρόμετρο.

4.5. Αποτελέσματα μετρήσεων

Κατά την κοκκομετρική ανάλυση του υλικού που πλύθηκε στο κόσκινο Νο 200, τα ποσοστά % του δείγματος που συγκρα-

τούνται πάνω σε κάθε κόσκινο, υπολογίζονται δια διαιρέσεως του βάρους αυτών με το βάρος του εδάφους που υποβλήθηκε σε διασπορά και έχει ξηρανθεί σε κλίβανο και πολ/σμού επί 100. Τα ποσοστά επί του συνολικού δείγματος δοκιμής που περιλαμβάνει και το συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 10 κλάσμα υπολογίζονται δια πολ/σμού των πιο πάνω τιμών επί την έκφραση:

$$\frac{100 - \text{το ποσοστό \% το συγκρατούμενο στο κόσκινο No 10}}{100}$$

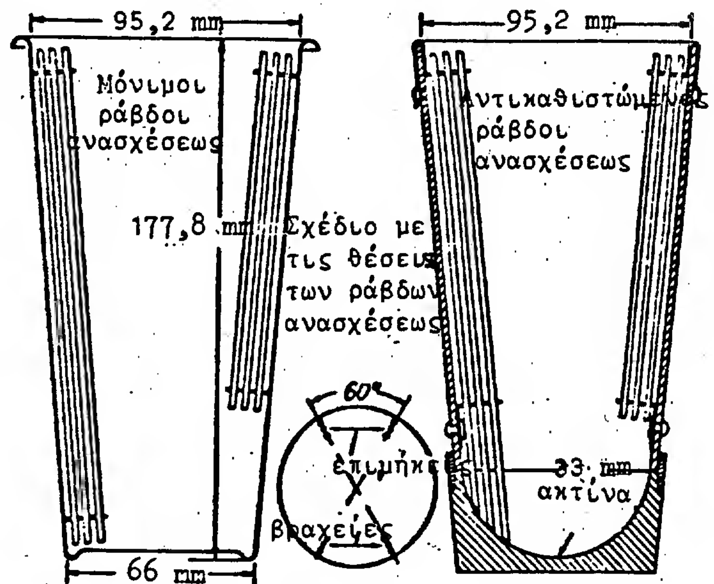
5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Δίνεται κοκκομετρική καμπύλη σε ημιλογαριθμικό κοκκομετρικό διάγραμμα στο οποίο πρέπει να φαίνονται οι θέσεις μετρήσεως με ευκρινή σημεία.

Το κοκκομετρικό διάγραμμα θα πρέπει να καλύπτει την περιοχή από το κόσκινο Νο 10 μέχρι την διάμετρο 1 μ.

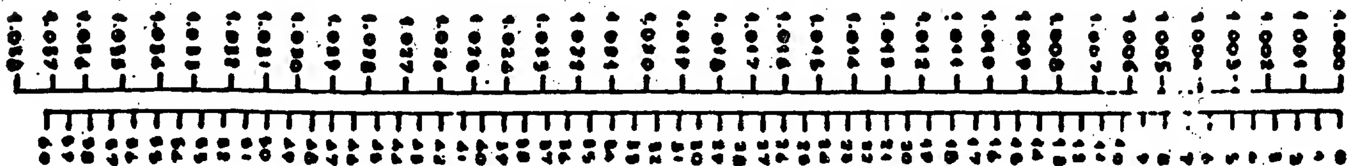
6. Βιβλιογραφία

William Lambe
Earth Manual
Αντίστοιχη ξένη προδιαγραφή:
A.A.S.H.O. T-88
A.S.T.M. D 422-72



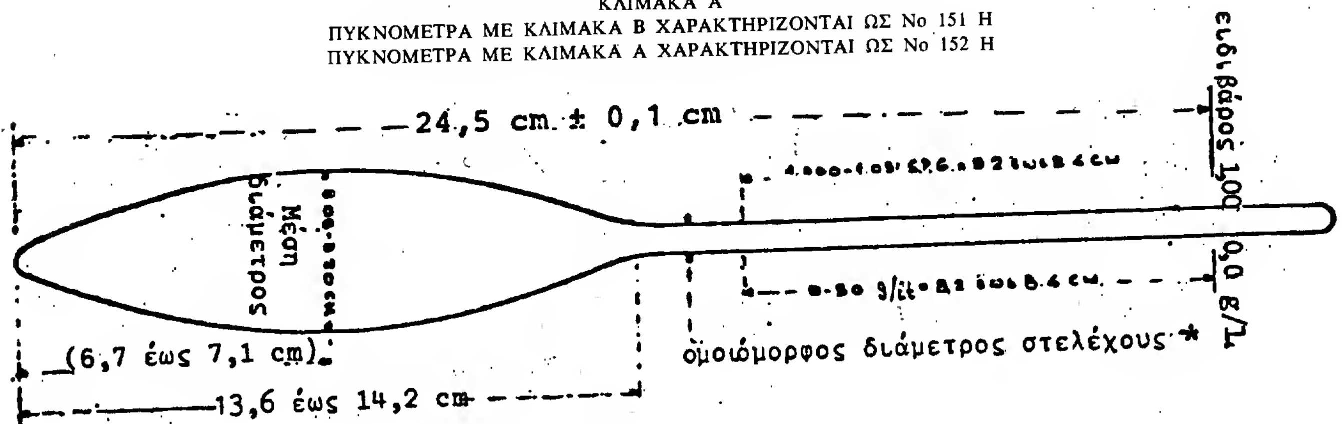
Σχήμα 1. Κύπελλα διασποράς.

ΚΛΙΜΑΚΑ Β
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟΥ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ



ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΟ ΤΥΠΟΥ BOUYOUCOS – ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ σε g/L

ΚΛΙΜΑΚΑ Α
ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΑ ΜΕ ΚΛΙΜΑΚΑ Β ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΟΝΤΑΙ ΩΣ Νο 151 Η
ΠΥΚΝΟΜΕΤΡΑ ΜΕ ΚΛΙΜΑΚΑ Α ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΟΝΤΑΙ ΩΣ Νο 152 Η



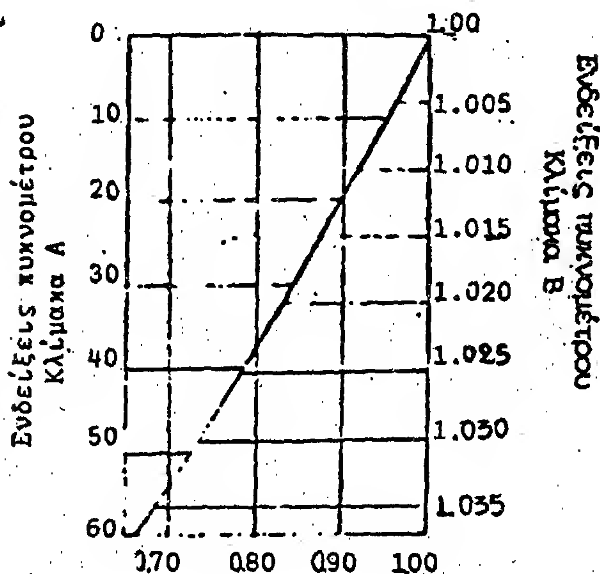
Σχήμα 2. Υδρόμετρο (Πυκνόμετρο).

Η κλίμακα ειδικού βάρους, (SPG), θα βαθμονομηθεί για να δεικνύει 1,000 σε 20°C και θα εκτείνεται πέρα από τα παραπάνω ενδεικνυόμενα όρια, δηλαδή από 0,995 και 1,038, (ή από 0 και 60 g/L).

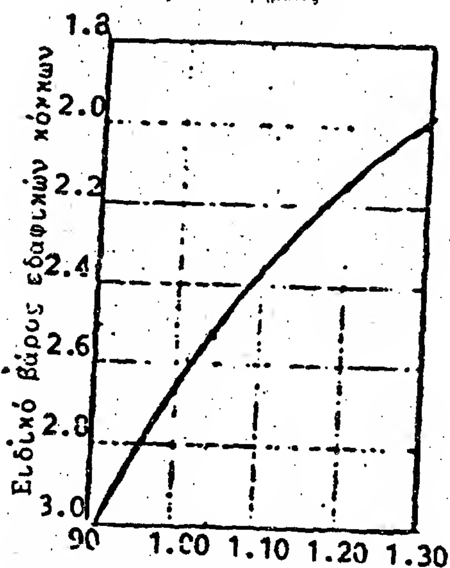
Το κύριο σώμα του πυκνομέτρου θα είναι συμμετρικό από πάνω και από κάτω της μέσης διαμέτρου και θα έχει κατασκευαστεί με εμφύσηση μέσα σ' ένα τύπο, (καλούπι), για να εξασφαλισθεί η ομοιομορφία του.

* Η διάμετρος του στελέχους είναι δυνατό να μεταβάλλεται για να προσαρμόζεται στο μήκος της καθορισμένης κλίμακας, αλλά θα είναι η ίδια από άκρου σε άκρο του στελέχους.

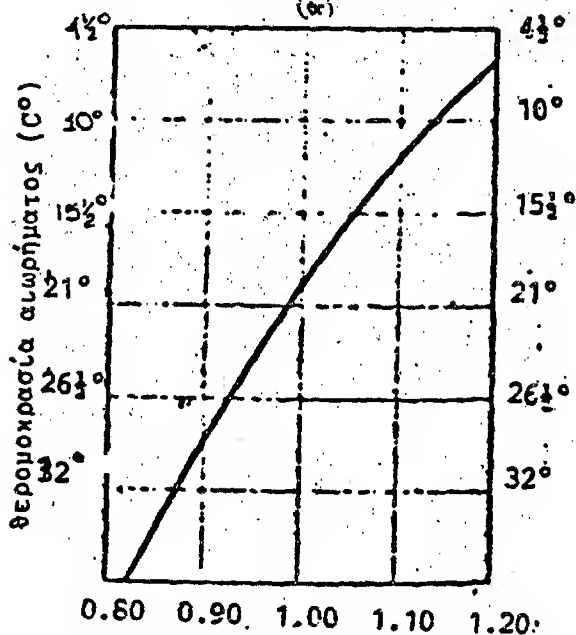
Η ακρίβεια της κλίμακας θα είναι ± μία (1), υποδιαίρεση της κλίμακας κατανεμημένης ομοιόμορφα σε όλο το μήκος της κλίμακας.



Σχήμα 3. Συντελεστής διορθώσεως K_L, για την ανύψωση του πυκνομέτρου εντός του αιωρήματος



Συντελεστής διορθώσεως K_G για μεταβολή ειδικού βάρους.
(α)



Συντελεστής διορθώσεως K_n, για μεταβολές του ιξώδους του μέσου διασποράς.
(β)

Σχήμα 4. Καμπύλες διορθώσεως διαμέτρου κόκκων για μεταβολές του ειδικού βάρους του εδάφους και του ιξώδους του μέσου διασποράς.

Πίνακας 4

Σύνθετες διορθώσεις επί των ενδείξεων που διαβάζονται στο πρότυπο, κατά A.A.S.H.O., υδρόμετρο εδάφους 151 Η, για τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες και διαλύματα διασποράς (Ι), ώστε να γίνει αναγωγή αυτών σε ενδείξεις μέσα σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 20°C.

Θερμοκρασία του διαλύματος Βαθμοί °C	Διόρθωση της ενδείξεως του υδρομέτρου για τους παρακάτω παράγοντες διασποράς			
	$NaPO_3$ Ειδ. Βάρος	$Na_{12}P_{10}O_{31}$ Ειδ. Βάρος	$Na_5P_3O_{10}$ Ειδ. Βάρος	$Na_6P_4O_{13}$ Ειδ. Βάρος
19	–0.00456	–0.00214	–0.00214	–0.00342
19 1/2	–0.00443	–0.00204	–0.00204	–0.00330
20	–0.00430	–0.00193	–0.00193	–0.00318
20 1/2	–0.00418	–0.00183	–0.00183	–0.00308
21	–0.00404	–0.00173	–0.00173	–0.00298
21 1/2	–0.00392	–0.00162	–0.00162	–0.00286
22	–0.00399	–0.00151	–0.00151	–0.00276
22 1/2	–0.00367	–0.00141	–0.00141	–0.00265
23	–0.00354	–0.00131	–0.00131	–0.00254
23 1/2	–0.00342	–0.00120	–0.00120	–0.00243
24	–0.00329	–0.00110	–0.00110	–0.00232
24 1/2	–0.00316	–0.00100	–0.00100	–0.00222
25	–0.00304	–0.00089	–0.00089	–0.00211
25 1/2	–0.00292	–0.00079	–0.00079	–0.00200
26	–0.00280	–0.00068	–0.00068	–0.00190
26 1/2	–0.00267	–0.00058	–0.00058	–0.00179
27	–0.00255	–0.00067	–0.00047	–0.00168
27 1/2	–0.00244	–0.00037	–0.00037	–0.00158
28	–0.00232	–0.00027	–0.00027	–0.00148
28 1/2	–0.00220	–0.00017	–0.00017	–0.00137
29	–0.00207	–0.00006	–0.00006	–0.00125
29 1/2	–0.00195	+0.00004	+0.00004	–0.00115
30	–0.00184	+0.00014	+0.00014	–0.00106
30 1/2	–0.00171	+0.00025	+0.00025	–0.00094
31	–0.00158	+0.00035	+0.00035	–0.00083
31 1/2	–0.00146	+0.00046	+0.00046	–0.00073
32	–0.00134	+0.00057	+0.00057	–0.00062
32 1/2	–0.00122	+0.00068	+0.00068	–0.00051
33	–0.00110	+0.00079	+0.00079	–0.00040
33 1/2	–0.00097	+0.00089	+0.00089	–0.00030
34	–0.00085	+0.00099	+0.00099	–0.00019
34 1/2	–0.00073	+0.00110	+0.00110	–0.00009
35	–0.00061	+0.00121	+0.00121	–0.00002

(1) Τα διαλύματα αυτά παρασκευάζονται δι' αραιώσεως 125 mL ετοίμου διαλύματος, όπως περιγράφεται στη παράγραφο 3.3., μέχρι συμπληρώσεως 1000 mL.

Πίνακας 5

Σύνθετες διορθώσεις επί των ενδείξεων που διαβάζονται στο πρότυπο, κατά A.A.S.H.O., υδρόμετρο εδάφους 152 Η, για τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες και διαλύματα διασποράς (Ι), ώστε να γίνει αναγωγή αυτών σε ενδείξεις μέσα σε αποσταγμένο νερό θερμοκρασίας 20°C.

Θερμοκρασία του διαλύματος Βαθμοί °C	Διόρθωση της ενδείξεως του υδρομέτρου για τους παρακάτω παράγοντες διασποράς			
	$NaPO_3$ g/L	$Na_{12}P_{10}O_{31}$ g/L	$Na_5P_3O_{10}$ g/L	$Na_6P_4O_{13}$ g/L
19	–7,4	–3,5	–3,5	–5,5
19 1/2	–7,2	–3,3	–3,3	–5,3
20	–6.9	–3,1	–3,1	–5,1
20 1/2	–6.7	–2,9	–2,9	–4,9
21	–6,5	–2,7	–2,7	–4,7
21 1/2	–6,3	–2,6	–2,6	–4,6
22	–6,1	–2,4	–2,4	–4,4
23	–5,8	–2,2	–2,2	–4,2
23 1/2	–5,6	–2,0	–2,0	–4,0
24	–5,4	–1,8	–1,8	–3,8
24 1/2	–5,2	–1,6	–1,6	–3,6
25	–4,9	–1,4	–1,4	–3,4
25 1/2	–4,7	–1,2	–1,2	–3,2
26	–4,5	–1,1	–1,1	–3,0
26 1/2	–4,3	–0,9	–0,9	–2,8

Θερμοκρασία του διαλύματος Βαθμοί °C	Διόρθωση της ενδείξεως του υδρομέτρου για τους παρακάτω παράγοντες διασποράς			
	$NaPO_3$ g/L	$Na_{12}P_{10}O_{31}$ g/L	$Na_5P_3O_{10}$ g/L	$Na_6P_4O_{13}$ g/L
27	–4,7	–0,7	–0,7	–2,6
28	–3,8	–0,5	–0,5	–2,4
28 1/2	–3,6	–0,3	–0,3	–2,2
29	–3,4	–0,1	–0,1	–2,1
29 1/2	–3,2	+0,1	+0,1	–1,9
30	–3,0	+0,2	+0,2	–1,7
30 1/2	–2,7	+0,4	+0,4	–1,6
31	–2,5	+0,6	+0,6	–1,3
31 1/2	–2,3	+0,8	+0,8	–1,1
32	–2,1	+1,0	+1,0	–0,9
33	–1,9	+1,2	+1,2	–0,7
33 1/2	–1,7	+1,4	+1,4	–0,5
34	–1,4	+1,6	+1,6	–0,4
34 1/2	–1,2	+1,8	+1,8	–0,2
35	–1,0	+2,0	+2,0	0,0
35 1/2	–0,8	+2,1	+2,1	+0,2
36	–0,6	+2,3	+2,3	+0,4
36 1/2	–0,4	+2,5	+2,5	+0,6

(Ι) Τα διαλύματα παρασκευάζονται δι' αραιώσεως 125 mL ετοίμου διαλύματος, όπως περιγράφεται στην παράγρ. 3.3., μέχρι συμπληρώσεως 1000 mL.

Πίνακας 6
Εξεύρεση συντελεστού K_L για το πυκνόμετρο 151 Η

Πυκνότητα	KL	Πυκνότ.	KL	Πυκνότ.	KL
1065	0,408	1036	0,672	1010	0,907
1064	0,415	1035	0,680	1009	0,918
1063	0,424	1034	0,690	1008	0,927
1062	0,433	1033	0,699	1007	0,938
1061	0,442	1032	0,708	1006	0,946
1060	0,450	1031	0,718	1005	0,955
1059	0,459	1030	0,728	1004	0,962
1058	0,467	1029	0,737	1003	0,971
1057	0,478	1028	0,743	1002	0,980
1056	0,489	1027	0,752	1001	0,990
1055	0,500	1026	0,760	1000	1,000
1054	0,510	1025	0,770		
1053	0,518	1024	0,778		
1052	0,526	1023	0,788		
1051	0,535	1022	0,796		
1050	0,544	1021	0,805		
1049	0,552	1020	0,817		
1048	0,562	1019	0,825		
1047	0,572	1018	0,833		
1046	0,581	1017	0,841		
1045	0,590	1016	0,850		
1044	0,600	1015	0,860		
1043	0,608	1014	0,868		
1042	0,619	1013	0,878		
1041	0,628	1012	0,888		
1040	0,637	1011	0,896		
1039	0,643				
1038	0,652				
1037	0,662				

Πίνακας 7
Εξεύρεση συντελεστού K_L για πυκνόμετρο 152 Η

g/L	KL	g/L	KL	g/L	KL	g/L	KL
1		31	830	61	650	91	465
2		32	825	62	643	92	459
3		33	819	63	636	93	453
4	996	34	814	64	639	94	448
5	990	35	805	65	625	95	442
6	985	36	800	66	621	96	437
7	979	37	794	67	614	97	429
8	971	38	789	68	608	98	424
9	967	39	773	69	601	99	418
10	962	40	778	70	596	100	413
11	955	41	770	71	590	101	408
12	950	42	764	72	584	102	403
13	944	43	758	73	573	103	398
14	938	44	752	74	572	104	394
15	931	45	748	75	565	105	390
16	924	46	743	76	560	106	
17	918	47	737	77	552		
18	911	48	731	78	547		
19	904	49	725	79	542		
20	897	50	718	80	535		
21	890	51	712	81	529		
22	884	52	705	82	523		
23	878	53	692	83	518		
24	872	54	683	84	513		
25	867	55	686	85	506		
26	860	56	680	86	500		
27	855	57	674	87	492		
28	849	58	669	88	455		
29	841	59	662	89	479		
30	835	60	655	90	472		

Πίνακας 8

1. Συντελεστές διορθώσεως K_G σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος, του εδάφους.
2. Συντελεστές διορθώσεως K_n σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία (για να ληφθεί υπόψη η μεταβολή του ιξώδους του μέσου διασποράς).

Ειδ. Βάρος	K_G	C°	K_n
2.60	1,016	15	1,053
2.61	1,013	15,5	1,046
2.62	1,010	16	1,043
2.63	1,007	16,5	1,034
2.64	1,003	17	1,028
2.65	1,000	17,5	1,020
2.66	0,998	18	1,014
2.67	0,995	18.5	1,008
2.68	0,990	19	1,000
2.69	0,987	19,5	0,995
2.70	0,985	20	0,988
2.71	0,983	20,5	0,984
2.72	0,980	21	0,980
2.73	0,978	21,5	0,975
2.74	0,975	22	0,967
2.75	0,972	22,5	0,962
		23	0,956
		23,5	0,950
		24	0,946
		24,5	0,940
		25	0,935
		25,5	0,930
		26	0,925
		26,5	0,920

10. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΧΕΣΕΩΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΟΠΑΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ 2,5kg ΚΑΙ ΥΨΟΥΣ ΠΤΩΣΕΩΣ 305mm (PROCTOR ΠΡΟΤΥΠΗ ΜΕΘΟΔΟΣ)

1. Εισαγωγή

Οι δοκιμές αυτές έχουν σαν σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσεως μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και της πυκνότητας των εδαφών με συμπύκνωση αυτών μέσα σε τύπο ορισμένου μεγέθους με κόπανο βάρους 2,49 kg που πέφτει από ύψος 304,8mm.

Προβλέπονται τέσσερις διαφορετικές διαδικασίες, οι ακόλουθες:

ΜΕΘΟΔΟΣ Α. Τύπος διαμέτρου 101,6mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο Νο 4. (4,75mm)

ΜΕΘΟΔΟΣ Β. Τύπος διαμέτρου 152,4mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο Νο 4. (4,75mm)

ΜΕΘΟΔΟΣ Γ. Τύπος διαμέτρου 101,6mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο (19,0mm)

ΜΕΘΟΔΟΣ Δ. Τύπος διαμέτρου 152,4mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο (19,0mm).

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος θα πρέπει να καθορίζεται στις προδιαγραφές για το προς δοκιμή υλικό. Αν δεν προδιαγράφεται μέθοδος θα εφαρμόζεται η μέθοδος Α.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Τύποι: Οι τύποι θα είναι κυλινδρικού σχήματος, κατασκευασμένοι από μέταλλο και θα έχουν χωρητικότητα και διαστάσεις που δίνονται παρακάτω. Αυτοί θα έχουν ένα πρόσθετο δακτύλιο ύψους περίπου 60,3mm. Ο τύπος και ο πρόσθετος δακτύλιος μαζί θα είναι έτσι κατασκευασμένοι, ώστε να μπορούν να συνδέονται σταθερά με την ανεξάρτητη πλάκα βάσεως. Η χωρητικότητα και οι διαστάσεις των τύπων θα είναι οι ακόλουθες:

α) Τύπος με χωρητικότητα: $(943 \pm 8) \times 10^3 \ mm^3$
Εσωτερικής διαμέτρου: 101,6 ± 0,406mm και
ύψους: 116,4±0,127mm

β) Τύπος που έχει χωρητικότητα: $(2124 \pm 21) \times 10^3 \ mm^3$
Εσωτερικής διαμέτρου: 152,4±0,66mm και
ύψους: 116,4±0,127mm

2.2. Κόπανος: Ένας μεταλλικός κόπανος με κυκλική διατομή διαμέτρου 50,8±0,127mm και βάρους 2,49±0,01kg. Ο κόπανος θα είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο οδηγό (διάταξη) για τον έλεγχο του ύψους πτώσεως, ώστε να πέφτει ελεύθερα από ύψος 304,8 ± 1,524mm από τη στάθμη του εδαφικού δοκιμίου.

2.3. Εξολκέας δείγματος (προαιρετικά): Μία κατάλληλη συσκευή για την εξαγωγή των συμπυκνωθέντων δοκιμίων από τον τύπο.

2.4. Ζυγοί: Ένας ζυγός ικανότητας τουλάχιστον 10kg και ακρίβειας ως 5g και ένας ζυγός ικανότητας τουλάχιστον 1kg και ακρίβειας ως 0,1g.

2.5. Κλίβανος ξηράνσεως: Ένας θερμοστατικά ελεγχόμενος κλίβανος ξηράνσεως ικανός για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε 110±5°C για την ξήρανση υγρών δειγμάτων.

2.6. Κανόνας: Ένας χαλύβδινος κανόνας μήκους περίπου 300mm που έχει τη μια πλευρά λοξά κομένη.

2.7. Κόσκινα: Κόσκινα 50mm, 19mm και Νο 4. (4,75mm).

2.8. Εργαλεία αναμίξεως: Διάφορα εργαλεία όπως λεκάνη αναμίξεως, κουτάλα, μυστρί, σπάτουλα κλπ., ή κατάλληλη μηχανική συσκευή για την καλή ανάμιξη του δείγματος του εδάφους με τα προστιθέμενα ποσοστά του ύδατος.

3. Περιγραφή εργασίας
3.1. Α΄ Μέθοδος

Εάν το δείγμα του εδάφους, όταν λαμβάνεται από το έργο, είναι υγρό, ξηραίνεται μέχρι που να γίνει εύθρυπτο. Η ξήρανση μπορεί να γίνει με τον αέρα ή μέσα σε συσκευή ξηράνσεως τέτοια ώστε η θερμοκρασία του δείγματος να μην υπερβαίνει τους 60°C. Μετά θραύονται καλά τα συσσωματώματα με τρόπο που επιτρέπει, να αποφευχθεί η ελάττωση του φυσικού μεγέθους (θραύση) των κόκκων.

Κοσκινίζεται επαρκής ποσότητα αντιπροσωπευτικού κονιοποιηθέντος εδάφους με το κόσκινο Νο 4. Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό που συγκρατήθηκε στο κόσκινο Νο 4, αν υπάρχει.

Σημείωση 1: Σε περίπτωση που το ποσοστό του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 4 είναι μεγαλύτερο από 7% τότε, συνίσταται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Γ.

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα βάρους περίπου 3kg ή και περισσότερο, από το έδαφος που παρασκευάστηκε.

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα που πάρθηκε αναμιγνύεται καλά με επαρκή ποσότητα νερού, για να υγρανθεί, κατά 4 περίπου μονάδες, (επί τοις % του βάρους), κάτω από τη βέλτιστη υγρασία.

Σχηματίζεται ένα δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασθέντος εδάφους μέσα στον τύπο των 101,6mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε τρεις ίσες στρώσεις για την παρασκευή ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm. Συμπυκνώνεται κάθε στρώση με 25 ομοιόμορφα διανεμημένους κτύπους με τον κόπανο. (Κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης, ο τύπος θα πρέπει να στηρίζεται σε σταθερό βάθρο). Μετά τη συμπύκνωση, απομακρύνεται από τον τύπο ο δακτύλιος, περικόπτεται με τον κανόνα με προσοχή το σδμπυκνωμένο έδαφος μέχρι τα χείλη του τύπου και ζυγίζεται. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου μαζί με τον τύπο, μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 1059. Αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος συμπυκνωμένου εδάφους σε kg/m^3.

Εξάγεται το δοκίμιο από τον τύπο και αποκόπτεται κάθετα με ένα επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του. Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα του υλικού από μία από τις δύο επιφάνειες της τομής. Ζυγίζεται αμέσως και ξηραίνεται μέσα σε κλίβανο σε θερμοκρασία 110±5°C επί δώδεκα τουλάχιστον ώρες ή μέχρι σταθερού βάρους για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας. Το βάρος του υγρού δείγματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 100g.

Το υπόλοιπο υλικό θραύεται τελείως μέχρι που να διέρχεται αυτό από το κόσκινο Νο 4. Προστίθεται νερό σε επαρκή ποσότητα ώστε να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος του εδάφους κατά μία ή δύο μονάδες επί τοις % και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για κάθε νέα αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας. Συνεχίζεται η σειρά αυτή των προσδιορισμών μέχρι που να ελαττωθεί ή δεν μεταβληθεί το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωθέντος εδάφους.

Στις περιπτώσεις που το εδαφικό υλικό είναι εύθραυστο και θα ελαττωθεί σημαντικά το μέγεθος των κόκκων λόγω των επαναλαμβανόμενων συμπυκνώσεων και στις περιπτώσεις όπου το έδαφος είναι αργιλώδες υλικό, εντός του οποίου είναι δύσκολο να ενσωματωθεί το νερό, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα ξεχωριστό και νέο δείγμα για κάθε δοκιμή συμπύκνωσης. Στις περιπτώσεις αυτές, ξεχωριστά δείγματα αναμιγνύονται καλά με επαρκή ποσά νερού, για να προσδώσουν περιεχόμενες υγρασίες στα δείγματα, που διαφέρουν κατά περίπου 2 μονάδες επί τοις %.

3.2. Β΄ Μέθοδος

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα σύμφωνα προς τα ανωτέρω με τη διαφορά, ότι αυτό θα πρέπει να έχει βάρος περίπου 7kg.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως περιγράφηκε για την Α΄ Μέθοδο εκτός από τα ακόλουθα: σχηματίζεται δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασθέντος εδάφους στον τύπο των 152,4mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε 3 ίσες στρώσεις για απόκτηση ενός υλικού συμπυκνωθέντος βάθους περίπου 127mm, με κάθε στρώση να συμπυκνώνεται, με 56 ομοιόμορφες διανεμημένες κρούσεις με τον κόπανο. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο, μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 471. Αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους, σε kg/m^3.

Σημείωση 2: Σε περίπτωση που ποσοστό μεγαλύτερο από 7% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο Νο 4, τότε συνίσταται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Δ΄.

3.3. Γ΄ Μέθοδος

Εάν το δείγμα του εδάφους είναι υγρό, ξηραίνεται όπως στην Α΄ Μέθοδο. Κοσκινίζεται μια επαρκής ποσότητα αντιπροσωπευτικού κονιοποιημένου εδάφους με το κόσκινο (19,0mm). Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό, το συγκρατημένο στο κόσκινο (19,0mm), αν υπάρχει.

Σημείωση 3: Σε περίπτωση που περισσότερο από 10% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο (19,0mm), τότε είναι σκόπιμο να διατηρηθεί το ίδιο ποσοστό % χονδρόκοκκου υλικού, (διερχόμενου από το κόσκινο (50mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4), στο δείγμα υγρασίας - πυκνότητας όπως στο αρχικά ληφθέν από το έργο δείγμα. Το υλικό το συγκρατούμενο στο κόσκινο (19,0mm) θα πρέπει να αντικατασταθεί με τον ακόλουθο τρόπο: κοσκινίζεται επαρκής ποσότητα από το αντιπροσωπευτικό κονιοποιημένο έδαφος με τα κόσκινα (50mm) και (19,0mm). Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό που συγκρατείται στο κόσκινο (50mm). Ζυγίζεται το υλικό το διερχόμενο από το κόσκινο (50mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο (19,0mm) και αντικαθίσταται αυτό με ένα ίσου βάρους υλικό διερχόμενο από το κόσκινο (19,0mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4. Το προς αντικατάσταση υλικό λαμβάνεται από το εναπομείναν μέρος του δείγματος.

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα βάρους περίπου 5,5kg ή περισσότερο, από το έδαφος που παρασκευάσθηκε όπως περιγράφεται πιο πάνω.

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα που έχει ληφθεί, αναμιγνύεται καλά με αρκετό νερό για να υγρανθεί κατά 4 περίπου μονάδες, (επί τοις % του βάρους), κάτω από την βέλτιστη υγρασία.

Σχηματίζεται ένα δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασθέντος εδάφους, μέσα στον τύπο των 101,6mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε τρεις στρώσεις ίσες για την παρασκευή ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm. Συμπυκνώνεται κάθε στρώση με 25 ομοιόμορφα διανεμημένους κτύπους με τον κόπανο. Κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης ο τύπος θα πρέπει να στηρίζεται σε σταθερό βάθρο. Μετά τη συμπύκνωση, απομακρύνεται από τον τύπο ο δακτύλιος και περικόπτεται με τον κανόνα με προσοχή το συμπυκνωμένο έδαφος, μέχρι τα χείλια του τύπου: Οι σχηματιζόμενες οπές στην επιφάνεια λόγω της απομάκρυνσης χονδρών κόκκων, συμπληρώνονται με λεπτότερο υλικό. Ζυγίζεται ο τύπος με το υγρό έδαφος. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο μείον το βάρος του τύπου (σε kg), επί 1059 και αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους σε kg/m^3.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται για την Α΄ Μέθοδο.

3.4. Δ΄ Μέθοδος

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα, τούτο θα πρέπει να ζυγίζει περίπου 11,5kg.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που περιγράφεται για τη Γ΄ Μέθοδο εκτός από τα ακόλουθα: σχηματίζεται δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασμένου εδάφους στον τύπο των 152,4mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε 3 ίσες στρώσεις προς απόκτηση ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm, κάθε στρώσης συμπυκνωμένης για 56 ομοιόμορφα διανεμημένων κρούσεων με τον κόπανο. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 471. Αναφέρεται το αποτέλεσμα σαν το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους, σε kg/m^3.

Σημείωση 4: Εάν παραπάνω από 30% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο (19,0mm) τότε συνιστάται να μην ακολουθείται καμιά από τις παραπάνω μεθόδους, για τον προσδιορισμό της μέγιστης πυκνότητας και της βέλτιστης υγρασίας.

4. Υπολογισμοί — Τήρηση στοιχείων

Υπολογίζεται η περιεχόμενη υγρασία και το ξηρό βάρος του εδάφους, όπως αυτό συμπυκνώθηκε για κάθε δοκιμή με τον ακόλουθο τρόπο:

$$W = \frac{A - B}{B - \Gamma} \times 100$$

και $$\gamma_d = \frac{\gamma}{W + 100} \times 100$$

όπου:

W = % περιεχόμενη υγρασία στο δοκίμιο, βασιζόμενη στο βάρος εδάφους, που ξηράνθηκε σε κλίβανο.

A = Βάρος υποδοχέα και υγρού εδάφους.

B = Βάρος υποδοχέα και ξηρού εδάφους.

Γ = Βάρος υποδοχέα.

γ_d = Ξηρό φαινόμενο βάρος, σε kg/m^3 συμπυκνωμένου εδάφους και

γ = Υγρό φαινόμενο βάρος, σε kg/m^3 συμπυκνωμένου εδάφους.

4.1. Σχέση υγρασίας πυκνότητας

Οι υπολογισμοί θα γίνονται για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας και του ξηρού φαινόμενου βάρους που αντιστοιχεί σ' αυτή σε κλίβανο, (πυκνότητας), για κάθε ένα από τα συμπυκνωμένα δείγματα εδάφους. Τα σε κλίβανο ξηρά βάρη ανά κυβικό μέτρο, (πυκνότητες), του εδάφους θα σημειώνονται σε σχετικό διάγραμμα, σαν τεταγμένες και οι αντίστοιχες περιεχόμενες υγρασίες, σαν τετμημένες.

4.2. Βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία

Όταν έχουν προσδιορισθεί και σχεδιαστεί, οι πυκνότητες και οι αντίστοιχες περιεχόμενες υγρασίες, παρατηρείται ότι, με σύνδεση των σχεδιασμένων σημείων με ομαλή γραμμή, σχηματίζεται μια καμπύλη.

Η περιεχόμενη υγρασία που αντιστοιχεί στο ανώτατο σημείο της καμπύλης ορίζεται σαν «βέλτίστη υγρασία» του εδάφους για την ανωτέρω συμπύκνωση.

5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το δελτίο θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Τη χρησιμοποιηθείσα μέθοδο, (Μέθοδος Α, Β, Γ ή Δ).

Τη βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία %.

Τη μέγιστη ξηρά πυκνότητα, kg/m^3 με προσέγγιση χιλιοστού και στις Μεθόδους Γ και Δ, αν το επί του κόσκινου 19,0mm συγκρατούμενο υλικό, απομακρύνθηκε ή αντικαταστάθηκε.

6. Βιβλιογραφία

6.1. E. Manual - William Lambe

6.2. Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές

A.A.S.H.T.O. T 99-61

A.S.T.M. D 698-78

11. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΣΧΕΣΕΩΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ - ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΟΠΑΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ 4.54 kg ΚΑΙ ΥΨΟΥΣ ΠΤΩΣΕΩΣ 457 mm (PROCTOR ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ)

1. Εισαγωγή

Οι δοκιμές αυτές έχουν σαν σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσεως μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και της πυκνότητας των εδαφών με συμπύκνωση αυτών μέσα σε τύπο ορισμένου μεγέθους με κόπανο βάρους 4,54 kg που πέφτει από ύψος 457,2 mm.

Προβλέπονται τέσσερις διαφορετικές διαδικασίες, οι ακόλουθες:

ΜΕΘΟΔΟΣ Α. Τύπος διαμέτρου 101,6mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο Νο 4. (4.75mm).

ΜΕΘΟΔΟΣ Β. Τύπος διαμέτρου 152,4mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο Νο 4. (4,75mm)

ΜΕΘΟΔΟΣ Γ. Τύπος διαμέτρου 101,6mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο (19,0mm)

ΜΕΘΟΔΟΣ Δ. Τύπος διαμέτρου 152,4mm
Το εδαφικό υλικό διέρχεται από κόσκινο (19,0mm).

Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος θα πρέπει να καθορίζεται στις προδιαγραφές για το προς δοκιμή υλικό. Αν δεν προδιαγράφεται μέθοδος, θα εφαρμόζεται η μέθοδος Α.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Τύποι: Οι τύποι θα είναι κυλινδρικού σχήματος, κατασκευασμένοι από μέταλλο και θα έχουν χωρητικότητα και διαστάσεις που δίνονται παρακάτω. Αυτοί θα έχουν ένα πρόσθετο δακτύλιο ύψους περίπου 60,3mm. Ο τύπος και ο πρόσθετος δακτύλιος μαζί θα είναι έτσι κατασκευασμένοι, ώστε να μπορούν να συνδέονται σταθερά με την ανεξάρτητη πλάκα βάσεως. Η χωρητικότητα και οι διαστάσεις των τύπων θα είναι οι ακόλουθες:

α) Τύπος με χωρητικότητα: $(943 \pm 8) \times 10^3\ mm^3$
Εσωτερικής διαμέτρου: $101,6 \pm 0,406$mm και
ύψους: $116,4 \pm 0,127$mm

β) Τύπος που έχει χωρητικότητα: $(2124 \pm 21) \times 10^3\ mm^3$
Εσωτερικής διαμέτρου: $152,4 \pm 0,66$mm και
ύψους: $116,4 \pm 0,127$mm

2.2. Κόπανος: Ένας μεταλλικός κόπανος με κυκλική διατομή διαμέτρου $50,8 \pm 0,127$mm και βάρους $4,54 \pm 0,01$kg. Ο κόπανος

θα είναι εφοδιασμένος με κατάλληλο οδηγό (διάταξη) για τον έλεγχο του ύψους πτώσεως, ώστε να πέφτει ελεύθερα από ύψος 457,2 ± 1,524mm από τη στάθμη του εδαφικού δοκιμίου.

2.3. Εξολκέας δείγματος (προαιρετικά): Μία κατάλληλη συσκευή για την εξαγωγή των συμπυκνωμένων δοκιμίων από τον τύπο.

2.4. Ζυγοί: Ένας ζυγός ικανότητας τουλάχιστον 10kg και ακρίβειας ως 5g και ένας ζυγός ικανότητας τουλάχιστον 1kg και ακρίβειας ως 0,1g.

2.5. Κλίβανος ξηράνσεως: Ένας θερμοστατικά ελεγχόμενος κλίβανος ξηράνσεως ικανός για τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε 110±5°C για την ξήρανση υγρών δειγμάτων.

2.6. Κανόνας: Ένας χαλύβδινος κανόνας μήκους περίπου 300mm που έχει τη μια πλευρά λοξά κομένη.

2.7. Κόσκινα: Κόσκινα 50mm, 19mm και Νο 4. (4.75mm).

2.8. Εργαλεία αναμίξεως: Διάφορα εργαλεία όπως λεκάνη αναμίξεως, κουτάλα, μυστρί, σπάτουλα κλπ., ή κατάλληλη μηχανική συσκευή για την καλή ανάμιξη του δείγματος του εδάφους με τα προστιθέμενα ποσοστά του ύδατος.

3. Περιγραφή εργασίας

3.1. Α΄ Μέθοδος

Εάν το δείγμα του εδάφους, όταν λαμβάνεται από το έργο, είναι υγρό, ξηραίνεται αυτό μέχρι που να γίνει εύθρυπτο. Η ξήρανση μπορεί να γίνει με τον αέρα ή μέσα σε συσκευή ξηράνσεως τέτοια ώστε η θερμοκρασία του δείγματος να μην υπερβαίνει τους 60°C. Μετά θραύονται καλά τα συσσωματώματα με τρόπο που επιτρέπει, να αποφευχθεί η ελάττωση του φυσικού μεγέθους (θραύση) των κόκκων.

Κοσκινίζεται επαρκής ποσότητα αντιπροσωπευτικού κονιοποιημένου εδάφους με το κόσκινο Νο 4. Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό που συγκρατήθηκε στο κόσκινο Νο 4, αν υπάρχει.

Σημείωση 1: Σε περίπτωση που το ποσοστό του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 4 είναι μεγαλύτερο από 7% τότε, συνιστάται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Γ.

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα βάρους περίπου 3 kg ή και περισσότερο, από το έδαφος που παρασκευάστηκε.

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα που πάρθηκε αναμιγνύεται καλά με επαρκή ποσότητα νερού, για να υγρανθεί, κατά 4 περίπου μονάδες, (επί τοις % του βάρους), κάτω από τη βέλτιστη υγρασία.

Σχηματίζεται ένα δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασμένου εδάφους μέσα στον τύπο των 101,6mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε πέντε ίσες στρώσεις για την παρασκευή ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm. Συμπυκνώνεται κάθε στρώση με 25 ομοιόμορφα διανεμημένους κτύπους με τον κόπανο. (Κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης, ο τύπος θα πρέπει να στηρίζεται σε σταθερό βάθρο). Μετά τη συμπύκνωση, απομακρύνεται από τον τύπο ο δακτύλιος, περικόπτεται με τον κανόνα με προσοχή το συμπυκνωμένο έδαφος μέχρι τα χείλη του τύπου και ζυγίζεται. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου μαζί με τον τύπο, μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 1059. Αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος συμπυκνωμένου εδάφους σε kg/m³.

Εξάγεται το δοκίμιο από τον τύπο και αποκόπτεται κάθετα με ένα επίπεδο που διέρχεται από το κέντρο του. Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα του υλικού από μία από τις δύο επιφάνειες της τομής. Ζυγίζεται αμέσως και ξηραίνεται μέσα σε κλίβανο σε θερμοκρασία 110±5°C επί δώδεκα τουλάχιστον ώρες ή μέχρι σταθερού βάρους για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας. Το βάρος του υγρού δείγματος δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 100g.

Το υπόλοιπο υλικό θραύεται τελείως μέχρι που να διέρχεται αυτό από το κόσκινο Νο 4. Προστίθεται νερό σε επαρκή ποσότητα ώστε να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία του δείγματος του εδάφους κατά μία ή δύο μονάδες επί τοις % και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για κάθε νέα αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας. Συνεχίζεται η σειρά αυτή των προσδιορισμών μέχρι που να ελαττωθεί ή δεν μεταβληθεί το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους.

Στις περιπτώσεις που το εδαφικό υλικό είναι εύθραυστο και θα ελαττωθεί σημαντικά το μέγεθος των κόκκων λόγω των επαναλαμβανόμενων συμπυκνώσεων και στις περιπτώσεις όπου το έδαφος είναι αργιλώδες υλικό, εντός του οποίου είναι δύσκολο να ενσωματωθεί το νερό, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα ξεχωριστό και νέο δείγμα για κάθε δοκιμή συμπύκνωσης. Στις περιπτώσεις αυτές, ξεχωριστά δείγματα αναμιγνύονται καλά με επαρκή ποσά νερού, για να προσδώσουν περιεχόμενες υγρασίες στα δείγματα, που διαφέρουν κατά περίπου 2 μονάδες επί τοις %.

3.2. Β΄ Μέθοδος

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα σύμφωνα προς τα ανωτέρω με τη διαφορά, ότι αυτό θα πρέπει να έχει βάρος περίπου 7kg.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως περιγράφηκε για την Α΄ Μέθοδο εκτός από τα ακόλουθα: σχηματίζεται δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασμένου εδάφους στον τύπο των 152,4mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε 5 ίσες στρώσεις για απόκτηση ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm, με κάθε στρώση να συμπυκνώνεται, με 56 ομοιόμορφες διανεμημένες κρούσεις με τον κόπανο. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο, μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 471. Αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους, σε kg/m³.

Σημείωση 2: Σε περίπτωση που ποσοστό μεγαλύτερο από 7% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο Νο 4, τότε συνίσταται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Δ΄.

3.3. Γ΄ Μέθοδος

Εάν το δείγμα του εδάφους είναι υγρό, ξηραίνεται όπως στην Α΄ Μέθοδο. Κοσκινίζεται μια επαρκής ποσότητα αντιπροσωπευτικού κονιοποιημένου εδάφους με το κόσκινο (19,0mm). Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό, το συγκρατημένο στο κόσκινο (19,0mm), αν υπάρχει.

Σημείωση 3: Σε περίπτωση που περισσότερο από 10% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο (19,0mm), τότε είναι σκόπιμο να διατηρηθεί το ίδιο ποσοστό % χονδρόκοκκου υλικού, (διερχόμενου από το κόσκινο (50mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4), στο δείγμα υγρασίας - πυκνότητας όπως στο αρχικά ληφθέν από το έργο δείγμα. Το υλικό το συγκρατούμενο στο κόσκινο (19,0mm) θα πρέπει να αντικατασταθεί με τον ακόλουθο τρόπο: κοσκινίζεται επαρκής ποσότητα από το αντιπροσωπευτικό κονιοποιημένο έδαφος με τα κόσκινα (50mm) και (19,0mm). Απορρίπτεται το χονδρόκοκκο υλικό που συγκρατείται στο κόσκινο (50mm). Ζυγίζεται το υλικό το διερχόμενο από το κόσκινο (50mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο (19,0mm) και αντικαθίσταται αυτό με ένα ίσου βάρους υλικό διερχόμενο από το κόσκινο (19,0mm) και συγκρατούμενο στο κόσκινο Νο 4. Το προς αντικατάσταση υλικό λαμβάνεται από το εναπομείναν μέρος του δείγματος.

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα βάρους περίπου 5,5kg ή περισσότερο, από το έδαφος το παρασκευασμένο, όπως περιγράφεται πιο πάνω.

Το αντιπροσωπευτικό δείγμα που έχει ληφθεί, αναμιγνύεται καλά με αρκετό νερό για να υγρανθεί κατά 4 περίπου μονάδες, (επί τοις % του βάρους), κάτω από την βέλτιστη υγρασία.

Σχηματίζεται ένα δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασμένου εδάφους, μέσα στον τύπο των 101,6mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε πέντε στρώσεις ίσες για την παρασκευή ενός υλικού συμπυκνωμένου βάθους περίπου 127mm. Συμπυκνώνεται κάθε στρώση με 25 ομοιόμορφα διανεμημένους κτύπους με τον κόπανο. Κατά τη διάρκεια της συμπύκνωσης ο τύπος θα πρέπει να στηρίζεται σε σταθερό βάθρο. Μετά τη συμπύκνωση, απομακρύνεται από τον τύπο ο δακτύλιος και περικόπτεται με τον κανόνα με προσοχή το συμπυκνωμένο έδαφος, μέχρι τα χείλια του τύπου. Οι σχηματιζόμενες οπές στην επιφάνεια λόγω της απομάκρυνσης χονδρών κόκκων, συμπληρώνονται με λεπτότερο υλικό. Ζυγίζεται ο τύπος με το υγρό έδαφος. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο μείον το βάρος του τύπου (σε kg), επί 1059 και αναφέρεται το αποτέλεσμα ως το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους σε kg/m³.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται για την Α΄ Μέθοδο.

3.4. Δ' Μέθοδος

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα, αυτό θα πρέπει να ζυγίζει περίπου 11,5kg.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία που περιγράφεται για τη Γ' Μέθοδο εκτός από τα ακόλουθα: σχηματίζεται δοκίμιο με συμπύκνωση του παρασκευασμένου εδάφους στον τύπο των 152,4mm, (με τον δακτύλιο προσαρμοσμένο), σε 5 ίσες στρώσεις προς απόκτηση ενός υλικού συμπυκνωθέντος βάθους περίπου 127mm, κάθε στρώσης συμπυκνωμένης για 56 ομοιόμορφα διανεμημένων κρούσεων με τον κόπανο. Πολλαπλασιάζεται το βάρος του συμπυκνωμένου δοκιμίου με τον τύπο μείον το βάρος του τύπου, (σε kg), επί 471. Αναφέρεται το αποτέλεσμα σαν το υγρό φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου εδάφους, σε kg/m^3.

Σημίωση 4: Εάν παραπάνω από 30% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο (19,0mm) τότε συνιστάται να μην ακολουθείται καμιά από τις παραπάνω μεθόδους, για τον προσδιορισμό της μέγιστης πυκνότητας και της βέλτιστης υγρασίας.

4. Υπολογισμοί — Τήρηση στοιχείων

Υπολογίζεται η περιεχόμενη υγρασία και το ξηρό βάρος του εδάφους, όπως αυτό συμπυκνώθηκε για κάθε δοκιμή με τον ακόλουθο τρόπο:

$$W = \frac{A - B}{B - \Gamma} \times 100$$

και

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{W + 100} \times 100$$

όπου:

W = % περιεχόμενη υγρασία στο δοκίμιο, βασιζόμενη στο βάρος εδάφους, που ξηράνθηκε σε κλίβανο.

A = Βάρος υποδοχέα και υγρού εδάφους.

B = Βάρος υποδοχέα και ξηρού εδάφους.

Γ = Βάρος υποδοχέα.

γ_d = Ξηρό φαινόμενο βάρος, σε kg/m^3 συμπυκνωμένου εδάφους και

γ = Υγρό φαινόμενο βάρος, σε kg/m^3 συμπυκνωμένου εδάφους.

4.1. Σχέση υγρασίας πυκνότητας

Οι υπολογισμοί θα γίνονται για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας και του ξηρού φαινόμενου βάρους που αντιστοιχεί σ' αυτή σε κλίβανο, (πυκνότητας), για κάθε ένα από τα συμπυκνωμένα δείγματα εδάφους. Τα σε κλίβανο ξηρά βάρη ανά κυβικό μέτρο, (πυκνότητες), του εδάφους θα σημειώνονται σε σχετικό διάγραμμα, σαν τεταγμένες και οι αντίστοιχες περιεχόμενες υγρασίες, σαν τετμημένες.

4.2. Βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία

Όταν έχουν προσδιορισθεί και σχεδιαστεί, οι πυκνότητες και οι αντίστοιχες περιεχόμενες υγρασίες, παρατηρείται ότι, με σύνδεση των σχεδιασμένων σημείων με ομαλή γραμμή, σχηματίζεται μια καμπύλη.

Η περιεχόμενη υγρασία που αντιστοιχεί στο ανώτατο σημείο της καμπύλης ορίζεται σαν «βελτίστη υγρασία» του εδάφους για την ανωτέρω συμπύκνωση.

5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων:

Το δελτίο θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

Τη χρησιμοποιουμένη μέθοδο, (Μέθοδος Α, Β, Γ ή Δ).

Τη βέλτιστη περιεχόμενη υγρασία %.

Τη μέγιστη ξηρά πυκνότητα, kg/m^3 με προσέγγιση χιλιοστού και στις Μεθόδους Γ και Δ, αν το επί του κόσκινου 19mm συγκρατούμενο υλικό, απομακρύνθηκε ή αντικαταστάθηκε.

6. Βιβλιογραφία

6.1. E. Manual - William Lambe

6.2. Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές

A.A.S.H.T.O. T 180

A.S.T.M. D 1557

12. ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΟΥ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR)

1. Εισαγωγή

Με τη δοκιμή αυτή, επιδιώκεται ο καθορισμός της τιμής της φέρουσας ικανότητας εδαφών και μιγμάτων εδαφών-αδρανών όταν συμπυκνωθούν στο Εργαστήριο στη βέλτιστη υγρασία και σε διάφορους βαθμούς πυκνότητας με χρησιμοποίηση σφύρας βάρους 2.49kg και πτώση ύψους 304,8mm, (Πρότυπη Μέθοδος). Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να γίνει και η τροποποιημένη μέθοδος συμπύκνωσης με χρησιμοποίηση σφύρας βάρους 4.54kg και ύψους πτώσεως 457,2mm, (βλ. σημείωση 5).

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Μήτρες. Οι μήτρες πρέπει να είναι κυλινδρικού σχήματος, μεταλλικές, εσωτερικής διαμέτρου 152.4 ± 0.66mm και ύψους περί τα 177.8 ± 0.41mm και με διάτρητη βάση, η οποία μπορεί να προσαρμόζεται και στα δύο άκρα του δοχείου.

Είναι επιθυμητό να έχουμε τουλάχιστο τρεις μήτρες για κάθε δοκιμή (Σχ. 1).

Σχήμα 1. Συσκευή δοκιμής Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας.

2.2. Παρέμβλημα. Ένας κυκλικός μεταλλικός δίσκος διαμέτρου 150.8 ± 0.8mm και ύψους 61.37 ± 0.13mm, (Σχ. 1).

Σημείωση 1: Όταν χρησιμοποιούνται μήτρες ύψους 177.8mm, τότε χρειάζεται ένα παρέμβλημα ύψους 61.37mm, ώστε να ληφθεί πάχος δείγματος που να συμπίπτει με το πάχος των 116.4mm των δοκιμών της πρότυπης ή τροποποιημένης μεθόδου PROCTOR.

2.3. Κόπανος. Ένας κόπανος βάρους 2.49kg με επιφάνεια κρούσης κυκλική, διαμέτρου 50.8mm. Αυτός φέρει διάταξη για τον έλεγχο του ύψους πτώσεως για ελεύθερη πτώση 304.8mm επάνω από την επιφάνεια του δοκιμίου.

2.4. Συσκευή για τη μέτρηση της διόγκωσης. Αποτελείται από την πλάκα διόγκωσης με στέλεχος μέτρησης και τρίποδα υποστήριξης με μηκυνσιόμετρο. Η πλάκα διόγκωσης είναι μεταλλική, κυκλική, διαμέτρου 149.2mm, διάτρητη με οπές διαμέτρου (1.6mm). Ο τρίποδας που χρησιμοποιείται για να υποστηρίζει το μηκυνσιόμετρο είναι διαρθρωμένος ώστε να προσαρμόζεται στο δακτύλιο προέκτασης της μήτρας (Σχ. 1).

2.5. Μηκυνσιόμετρα. Δύο μηκυνσιόμετρα που έχει καθένα ικανότητα μέτρησης μέχρι 25.4mm και με προσέγγιση 0.02mm.

2.6. Βάρη Επιφόρτισης. Ένα δακτυλιοειδές μεταλλικό φορτίο με κυκλική οπή στο μέσο, διαμέτρου 54mm, μερικά μεταλλικά φορτία με εγκοπή ή διαιρούμενα, όλα διαμέτρου 149.2mm και βάρους το καθένα 2.27 ± 0.04kg.

Σημείωση 2: Όταν χρησιμοποιούνται διαιρούμενα φορτία το βάρος του ζεύγους θα είναι 2.27 ± 0.04kg.

2.7. Έμβολο Διείσδυσης. Μεταλλικό έμβολο κυκλικής διατομής με διάμετρο 49.63 ± 0.13mm, εμβαδό διατομής 1935mm² και μήκους όχι μικρότερο από 102mm.

2.8. Συσκευή φόρτισης. Μια συσκευή θλίψης που έχει την ικανότητα να εξασκεί φόρτιση ομοιόμορφα αυξανόμενου φορτίου μέχρι 44,5 KN και με ταχύτητα φόρτισης 1.3mm/min.

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για να εξαναγκάσει το έμβολο να διεισδύσει στο δοκίμιο.

2.9. Δοχείο Υδρεμποτισμού. Ένα δοχείο υδρεμποτισμού κατάλληλο ώστε να διατηρείται η στάθμη του νερού 25.4mm πάνω από τα δοκίμια.

2.10. Κλίβανος Ξήρανσης. Ένα κλίβανο ξήρανσης ικανό να διατηρεί θερμοκρασία 110 ± 5°C για την ξήρανση των δειγμάτων.

2.11. Διάφορα. Διάφορα εργαλεία, όπως δοχεία ανάμιξης, σπάτουλες, διηθητικό χαρτί, ζυγοί κ.λπ.

3. Περιγραφή εργασίας

Ετοιμάζεται δείγμα σύμφωνα με την Πρότυπη Μέθοδο PROCTOR, (Μέθοδος Γ), με τη διαφορά ότι θα ζυγίζει 35kg ή περισσότερο. Υλικό που διέρχεται από κόσκινο ανοίγματος 50mm και που συγκρατείται στο κόσκινο 19mm θα αντικαθίσταται με υλικό που διέρχεται από το κόσκινο ανοίγματος 19mm και συγκρατείται στο κόσκινο No 4 (4.75mm) όπως επεξηγείται στην πιο πάνω μέθοδο. Εκλέγεται αντιπροσωπευτική ποσότητα βάρους περίπου 11kg για ένα έλεγχο υγρασίας-πυκνότητας και διαχωρίζεται το υπόλοιπο του δείγματος, ώστε να ληφθούν τρεις αντιπροσωπευτικές ποσότητες βάρους περίπου 6.8kg η κάθε μία.

4. Σχέση υγρασίας - πυκνότητας

Η ποσότητα των 11kg χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της βέλτιστης υγρασίας και της μέγιστης ξηράς πυκνότητας, σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο PROCTOR, (Μέθοδος Δ).

5. Διαδικασία δοκιμής

Κανονικά πρέπει να συμπυκνωθούν τρία δείγματα κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι πυκνότητες που θα προκύψουν από τη συμπύκνωση να κυμαίνονται από 95% (ή λιγότερο) μέχρι 100% (ή περισσότερο) της μέγιστης ξηράς πυκνότητας σύμφωνα με την παρ. 4.

Σημείωση 3: Γενικά θεωρούνται κατάλληλοι περίπου 10,30 και 65 κτύποι κατά στρώση, για τη συμπύκνωση αντιστοίχως των δοκιμίων 1, 2 και 3. Απαιτούνται γενικά περισσότεροι των 56 κτύπων κατά στρώση για την παρασκευή ενός δοκιμίου CBR, μέχρι του 100% της μέγιστης ξηράς πυκνότητας, γιατί το δείγμα για την παρασκευή του δοκιμίου CBR αναμιγνύεται και συμπυκνώνεται μια φορά μόνο.

Σημείωση 4: Ορισμένα Εργαστήρια προτιμούν να ελέγχουν μόνο ένα δοκίμιο που συμπυκνώνεται στη μέγιστη ξηρά πυκνότητα και στη βέλτιστη υγρασία όπως καθορίζεται από την Πρότυπη Μέθοδο PROCTOR.

Σημείωση 5: Είναι δυνατή η εκτέλεση της δοκιμής CBR και με την τροποποιημένη μέθοδο συμπύκνωσης (PROCTOR), σε ένα μόνο δοκίμιο, σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στη μέθοδο ελέγχου ASTM-D1883/1978, και για δοκίμιο που θα συμπυκνωθεί με τη μέθοδο ASTM-D1557.

Συνδέεται η μήτρα στο δίσκο της βάσης, στερεώνεται ο δακτύλιος προέκτασης και ζυγίζεται με προσέγγιση 5g. Εισάγεται το παρέμβλημα στη μήτρα και τοποθετείται τραχύς διηθητικός χάρτης στην επάνω επιφάνεια του δίσκου.

Αναμιγνύεται κάθε μία από τις ποσότητες των 6.8kg, που έχουν παρασκευασθεί σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν πιο πάνω, με αρκετό νερό, ώστε να ληφθεί η βέλτιστη υγρασία.

Συμπυκνώνεται μία από τις ποσότητες του μίγματος του εδάφους-νερού μέσα στη μήτρα σε τρεις ίσες στρώσεις και λαμβάνεται συμπυκνωμένο δοκίμιο εδάφους πάχους περίπου 127mm. Κάθε στρώση συμπυκνώνεται με τον ελάχιστο αριθμό κτύπων, που έχει εκλεγεί, ώστε να ληφθεί από τη συμπύκνωση πυκνότητα 95% ή λιγότερη της μέγιστης πυκνότητας.

Προσδιορίζεται η περιεχόμενη υγρασία του υλικού στην αρχή και στο τέλος της συμπύκνωσης αυτής (2 δείγματα). Κάθε δείγμα για τον καθορισμό της υγρασίας πρέπει να ζυγίζει τουλάχιστον 100g για τα λεπτόκοκκα εδάφη και 500g για τα χονδρόκοκκα.

Εξάγεται ο δακτύλιος προέκταση και με ράβδο επιπεδώνεται το έδαφος που συμπυκνώθηκε στο ύψος των χειλέων της μήτρας.

Επιφανειακές ανωμαλίες γεμίζουν με λεπτόκοκκο υλικό. Απομακρύνεται το παρέμβλημα, τοποθετείται τραχύ διηθητικό χαρτί στο διάτρητο δίσκο της βάσης αντιστρέφεται η μήτρα και το συμπυκνωμένο δοκίμιο εδάφους τοποθετείται πάνω σε διηθητικό χαρτί.

Στερεώνεται η διάτρητη πλάκα της βάσης στη μήτρα και προσαρμόζεται ο δακτύλιος προέκτασης. Ζυγίζεται η μήτρα και το δοκίμιο με προσέγγιση 5g.

Οι δύο άλλες ποσότητες των 6.8kg συμπυκνώνονται με μόνη διαφορά ότι ένας ενδιάμεσος αριθμός κτύπων κατά στρώση χρησιμοποιείται για τη συμπύκνωση του δεύτερου δοκιμίου και ο μέγιστος αριθμός κτύπων κατά στρώση χρησιμοποιείται για τη συμπύκνωση του τρίτου δοκιμίου.

6. Υδρεμποτισμός

Τοποθετείται πάνω στο εδαφικό δείγμα, μέσα στη μήτρα, πλάκα με στέλεχος ρύθμισης της διόγκωσης και τοποθετούνται επαρκή δακτυλιοειδή βάρη για την πραγματοποίηση φόρτισης, τιμής ίσης προς την πραγματοποιούμενη από το βάρος των στρώσεων υπόβασης, βάσης και στρώσης κυκλοφορίας, πάνω από το προς δοκιμή υλικό, με απόκλιση ±2.26kg από αυτό. Σε καμιά περίπτωση τα φορτία αυτά δεν θα είναι συνολικά μικρότερα από 4.54kg. Τοποθετείται ο τρίποδας με το μηκυνσιόμετρο στην κορυφή της μήτρας και λαμβάνεται μια αρχική ανάγνωση.

Εμβαπτίζεται η μήτρα στο νερό, ώστε και το επάνω και το κάτω μέρος του δοκιμίου να βρίσκεται σε ελεύθερη επαφή με το νερό. Κατά τη διάρκεια του υδρεμποτισμού διατηρείται η στάθμη του νερού στη μήτρα και στο δοχείο υδρεμποτισμού περίπου 25.4mm επάνω από την κορυφή του δοκιμίου. Ο υδρεμποτισμός του δοκιμίου διαρκεί 96 ώρες (4 μέρες).

Σημείωση 6: Είναι δυνατό να εφαρμοσθεί μικρότερη περίοδος υδρεμποτισμού, (όχι πάντως μικρότερη από 24 ώρες), για έδαφος με χαλίκια που αποστραγγίζεται εύκολα εφόσον όμως οι δοκιμές δείχνουν ότι η μικρότερη περίοδος αυτή, δεν επηρεάζει καθόλου τα αποτελέσματα της δοκιμής. Για ορισμένα αργιλικά εδάφη μπορεί να χρειαστεί περίοδος υδρεμποτισμού μεγαλύτερη των 4 ημερών.

Μετά από τις 96 ώρες εκτελείται μια τελευταία ανάγνωση στα δοκίμια που βρίσκονται μέσα στο νερό και υπολογίζεται η διόγκωση, σαν ποσοστό του αρχικού μήκους του δείγματος.

Ποσοστό διόγκωσης = μεταβολή του μήκους σε mm κατά τη διάρκεια υδρεμ. / 116.4 mm × 100

Εξάγονται τα δοκίμια από το δοχείο υδρεμποτισμού, απομακρύνεται το νερό από την άνω βάση των δοκιμίων και αφήνονται επί 15min να στραγγίσουν με την βαρύτητα. Πρέπει να καταβάλλεται προσοχή ώστε να αποφεύγεται η διατάραξη της επιφανείας των δοκιμίων κατά την απομάκρυνσή τους από το νερό. Τα βάρη επιφορτίσεως και οι διάτρητες πλάκες αφαιρούνται μετά την αποστράγγιση.

Σημείωση 7: Όταν ζητείται να καθορισθεί η υγρή πυκνότητα του υλικού που έχει υδροεμποτισθεί τα δοκίμια ζυγίζονται μετά την αποστράγγιση.

7. Δοκιμή διείσδυσης

Προκαλείται επιφόρτιση πάνω στα δοκίμια με όσα δακτυλειοειδή φορτία. (ίδιας μορφής και σχήματος), χρησιμοποιήθηκαν κατά τον υδροεμποτισμό.

Μόλις γίνεται η τοποθέτηση ενός φορτίου επάνω στο δοκίμιο και για να αποφευχθεί διαρροή μαλακού υλικού κατά την έναρξη της φορτίσεως, αφήνεται να επικαθήσει επάνω στο δοκίμιο το έμβολο διεισδύσεως.

Μετά την επικάθηση του εμβόλου διεισδύσεως, τοποθετούνται τα υπόλοιπα βάρη φορτίσεως γύρω από το έμβολο.

Το έμβολο διεισδύσεως με φορτίο 44,5 N, (4,54 Kg), αφήνεται να επικαθήσει επάνω στο δοκίμιο, και στη συνέχεια μηδενίζονται οι ενδείξεις των οργάνων μετρήσεως της διεισδύσεως και του φορτίου.

Τα φορτία εξασκούνται πάνω στο έμβολο διεισδύσεως έτσι ώστε η διείσδυση να είναι ομοιόμορφη και με ταχύτητα περίπου 1,3 mm/min. Λαμβάνονται ενδείξεις του φορτίου για διεισδύσεις: 0.64 - 1,27 - 1,91 - 2,54 - 5,08 και 7,62 mm. Επίσης εάν χρειάζεται μπορεί να ληφθούν αναγνώσεις για διεισδύσεις 10,16 mm και 12,70 mm.

Σημείωση 8: Μετά την δοκιμή, μπορεί να προσδιορισθεί η περιεχόμενη υγρασία της άνω ζώνης, πάχους 25,4 mm, του δείγματος. Τα δείγματα για τον προσδιορισμό της υγρασίας θα ζυγίζουν τουλάχιστον 100 g για λεπτόκοκκα εδάφη και 500 g για κοκκώδη εδάφη.

8. Υπολογισμοί — Τήρηση στοιχείων

Η καμπύλη τάσεων - παραμορφώσεων, (αντίσταση σε διείσδυση - βάθος διεισδύσεως), σχεδιάζεται για κάθε δοκίμιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αρχική διείσδυση λαμβάνει χώρα χωρίς αναλογική αύξηση της αντιδράσεως σε διείσδυση και η καμπύλη πιθανό να είναι κοίλη προς τα άνω. Για να λάβουμε την πραγματική σχέση τάσεων - παραμορφώσεων, διορθώνουμε την καμπύλη που έχει τα κοίλα στραμμένα προς τα άνω ειδικά στο τμήμα της κοντά στην αρχή των συντεταγμένων, αναπροσαρμόζοντας τη θέση της αρχής. Η νέα θέση της αρχής των συντεταγμένων καθορίζεται με προέκταση του ευθύγραμμου τμήματος καμπύλης τάσεων - παραμορφώσεων μέχρις ότου αυτό τμήσει τον άξονα των τεταγμένων, (Σχ. 2).

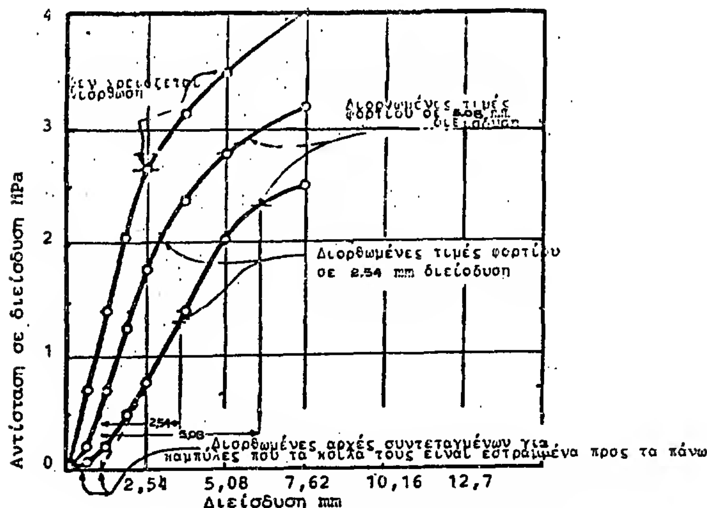
Οι διορθωμένες τιμές πιέσεως θα καθορισθούν για κάθε δοκίμιο από τις διεισδύσεις 2,54 mm και 5,08 mm. Οι λόγοι Καλιφορνιακού δείκτη φέρουσας ικανότητας λαμβάνονται σε ποσοστό %, με διαίρεση των διορθωμένων τιμών πιέσεων που αντιστοιχούν στις διεισδύσεις των 2,54 mm και 5,08 mm διά των αντιστοίχων προτύπων πιέσεων 6,9 MPa (70,3 Kg/cm^2) και 10,35 MPa (105,5 Kg/cm^3). Ο λόγος αυτός πρέπει να πολλαπλασιασθεί επί 100.

$$C.B.R. = \frac{\text{διορθωμένη τιμή πιέσεως}}{\text{πρότυπη πίεση}} \times 100$$

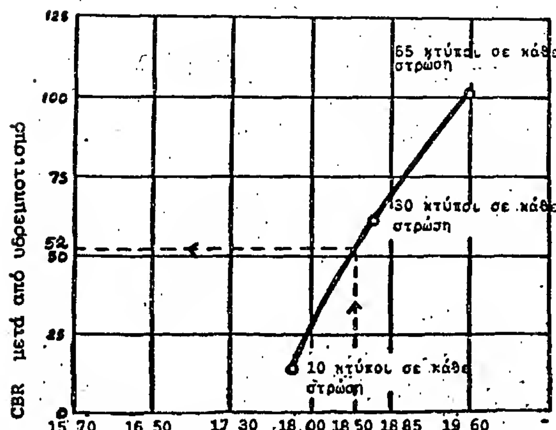
Σημείωση 9: Οι πρότυπες πιέσεις των 6,9 MPa και 10,35 MPa, προκύπτουν από την διαίρεση των προτύπων φορτίων 13,35 KN και 20,02 KN αντίστοιχα διά της επιφάνειας του εμβόλου 1935 mm^2.

Σαν τιμή του Καλιφορνιακού λόγου φέρουσας ικανότητας εκλέγεται αυτή που αντιστοιχεί σε διείσδυση 2,54mm. Εάν ο λόγος της φέρουσας ικανότητας που αντιστοιχεί σε διείσδυση 5,08mm είναι μεγαλύτερος η δοκιμή θα επαναληφθεί. Εάν η δοκιμή επαληθεύσεως δώσει όμοια αποτελέσματα, θα χρησιμοποιηθεί ο λόγος που αντιστοιχεί σε διείσδυση 5,08mm.

Με χρησιμοποίηση των στοιχείων που λαμβάνονται από τα τρία δοκίμια παριστάνεται γραφικά η σχέση C.B.R. και πυκνότητας ξηρού συμπυκνωμένου εδάφους. Κατόπιν ορίζεται το CBR της μελέτης στο επιθυμητό ποσοστό της μέγιστης πυκνότητας, (Σχ. 3). Συνήθως εκλέγεται το C.B.R. που αντιστοιχεί στο ελάχιστο επιτρεπόμενο ποσοστό συμπυκνώσεως σύμφωνα με τις προδιαγραφές του έργου.



Σχήμα 2. Διόρθωση καμπυλών τάσεως - παραμορφώσεων.



Ξηρά πυκνότητα σε δείγμα που έχει αναπλασθεί Kg/m³
Παράδειγμα
Δεδομένο: Σύμφωνα με την προδιαγραφή T99 (μέθοδος Δ) μεγίστη ξηρά πυκνότης = 1950 Kg/m³
Ζητούμενο: Το CBR σε 95% της ανωτέρω μεγίστης ξηράς πυκνότητος.
Λύση: 95% των 1950 Kg/m³
Για 1.852 Kg/m³ το C.B.R. είναι **52**

Σχήμα 3. Σχέση ξηράς πυκνότητας και C.B.R.

9. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Το δελτίο θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα για κάθε δοκίμιο:
1. Ενέργεια συμπυκνώσεως, (αριθμός κτύπων ανά στρώση).
2. Ξηρή πυκνότητα συμπυκνωμένου δείγματος σε Kg/m³.
3. Περιεχομένη υγρασία όταν συμπυκνώνεται στη μήτρα %.
4. Διόγκωση, (ως ποσοστό αρχικού μήκους) %, αναφέρεται εν προκειμένω και το βάρος επιφορτίσεως για τις τρεις περιπτώσεις των δοκιμίων, (10-30-65 κτύποι), με ακρίβεια ακεραίας μονάδας.
5. Καλιφορνιακός Λόγος Φέρουσας Ικανότητας, εκφραζόμενος με % με ένα δεκαδικό ψηφίο για τιμές του C.B.R. < 10, ενώ για μεγαλύτερες τιμές σαν ακέραιος αριθμός.

10. Αντίστοιχες ξένες προδιαγραφές

A.A.S.H.T.O. T 193, ASTM - D 1883, BS - 1377.

13. ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

1. Γενικά

Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζεται ο βαθμός στερεοποιήσεως και η συμπιεστότητα εδαφικού υλικού όταν είναι πλευρικά μη παραμορφώσιμο, φορτίζεται δε και στραγγίζεται αξονικά.

2. Σύμβολα

Cv = Συντελεστής στερεοποιήσεως ή συμπιεστότητας
Cc = Δείκτης συμπιεστότητας
t = Χρόνος
H = Ύψος δοκιμίου
Po = Πίεση εδάφους στη θέση λήψεως του δοκιμίου
Pc = Πίεση προστερεοποιήσεως του δοκιμίου
U = Βαθμός στερεοποιήσεως.

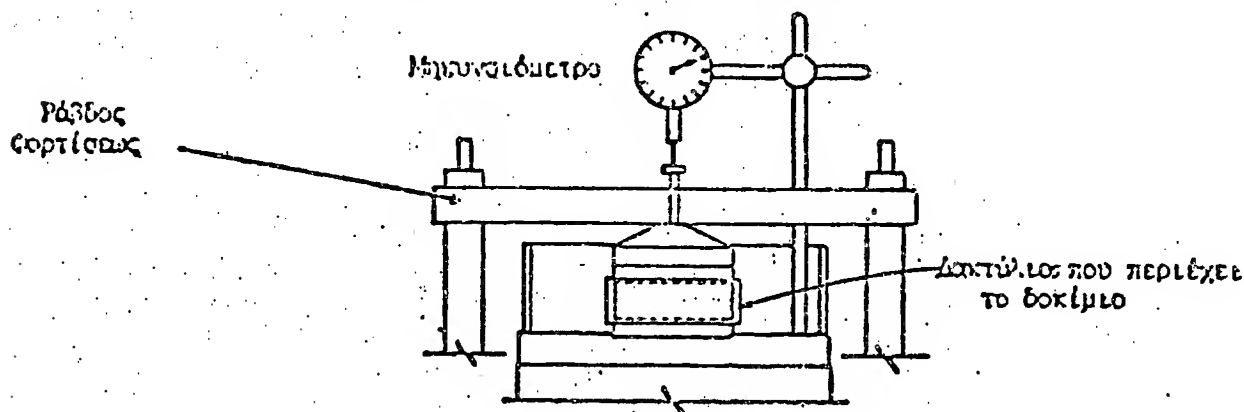
3. Εργαστηριακός εξοπλισμός

3.1. Ειδικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

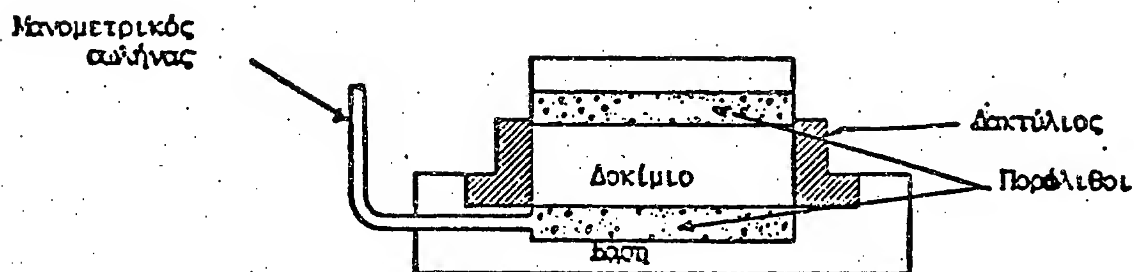
3.1.1. Συσκευή φορτίσεως για την εφαρμογή κατακορύφων φορτίων στο δοκίμιο. Η συσκευή αυτή θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή και διατήρηση φορτίου επί μακρό χρονικό διάστημα με ακρίβεια ± 0,5% καθώς επίσης να επιτρέπει την άμεση επιβολή φορτίου μέσα σε 2 δευτερόλεπτα χωρίς κρούση.

3.1.2. Συσκευή Στερεοποιήσεως

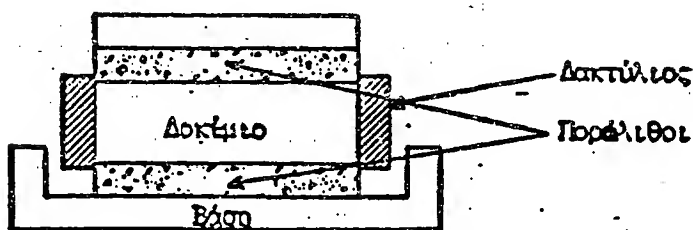
Το δοκίμιο συγκρατείται μέσα σε δακτύλιο, ο οποίος είτε έχει συνδεθεί με τη βάση της συσκευής είτε όχι. Στην άνω και κάτω επιφάνεια του δοκιμίου προσαρμόζονται πορόλιθοι. Η συσκευή θα πρέπει να επιτρέπει συνεχή κορεσμό του δοκιμίου, επιβολή κατακορύφου φορτίου και μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου, (σχήμα 1).



(α) Συσκευή Στερεοποιήσεως — Διάταξη Φορτίσεως



(β) Δακτύλιος συνδεδεμένος με τη βάση της συσκευής Στερεοποιήσεως. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό του συντελεστή υδροπερατότητας με χρήση του μανομετρικού σωλήνα.



(γ) Δακτύλιος που επιπλέει μέσα στη συσκευή Στερεοποιήσεως.

Σχήμα 1 -

Συσκευή Στερεοποιήσεως - Σχηματική Παράσταση

Σχήμα 1.
Συσκευή Στερεοποιήσεως — Σχηματική Παράσταση

Η συσκευή στερεοποιήσεως θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

(α) Ελάχιστη διάμετρος δοκιμίου 50,8mm και πάντως μικρότερη από τη διάμετρο του δειγματολήπτη (αν χρησιμοποιείται αδιατάρακτο δείγμα) κατά τουλάχιστον 6,4mm.

(β) Ελάχιστο ύψος δοκιμίου 12,5mm, αλλά ποτέ μικρότερο από το 10πλάσιο της μέγιστης διαμέτρου κόκκου του εδαφικού υλικού.

(γ) Ελάχιστος λόγος διαμέτρου προς ύψος δοκιμίου 2,5.

(δ) Η ακαμψία του δακτυλίου που περιέχει το δοκίμιο θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε, για τις παραδεκτές συνθήκες υδροστατικής πιέσεως στο δοκίμιο, η μεταβολή της διαμέτρου του δακτυλίου να μην υπερβαίνει τα 0.03% της διαμέτρου υπό το μέγιστο εφαρμοζόμενο φορτίο.

Το υλικό του δακτυλίου θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στη διάβρωση και η εσωτερική του επιφάνεια θα πρέπει να είναι λεία για την αποφυγή αναπτύξεως τριβών.

3.1.3. Πορόλιθοι

Οι πορόλιθοι θα πρέπει να είναι από υλικά όπως καρβίδιο του πυριτίου, οξείδιο του αργιλίου ή μέταλλο που δεν διαβρώνεται από την υγρασία ή ουσίες που μπορεί να περιέχονται στο έδαφος.

Η διάμετρος του πορόλιθου που τοποθετείται στην άνω επιφάνεια του δοκιμίου θα πρέπει να είναι μικρότερη από τη εσωτερική διάμετρο του δακτυλίου τουλάχιστον κατά 0,2 ώς 0,5mm.

Το πάχος των πορολίθων θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε να μην θραύονται κατά τη δοκιμή.

3.1.4. Μηκυνσιόμετρα για την μέτρηση της μεταβολής του ύψους του δοκιμίου κατά το στάδιο της στερεοποιήσεως με ευαισθησία 0.0025 mm.

3.2. Γενικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.2.1. Υγρός θάλαμος συντηρήσεως των δοκιμίων.

3.2.2. Μορφωτής δοκιμίου με τα εξαρτήματά του.

3.2.3. Εξολκέας δείγματος.

3.2.4. Ζυγοί ακριβείας 0.1 γραμμαρίων ή 0.1% του βάρους του δοκιμίου.

3.2.5. Κλίβανος ξηράνσεως θερμοκρασίας 105 ± 1°C.

3.2.6. Διάφορες άλλες συσκευές γενικής χρήσεως όπως σπάτουλες, μαχαίρια, συρματοπρίονα κλπ. που χρησιμοποιούνται για την προπαρασκευή του δοκιμίου.

3.3. Προπαρασκευή του δοκιμίου

3.3.1. Η μόρφωση του δοκιμίου γίνεται με προσοχή ώστε να αποφεύγεται η διατάραξή του και απώλεια υγρασίας μεγαλύτερη από 0,2%. Εάν είναι ανάγκη η μόρφωση του δοκιμίου γίνεται μέσα στον υγρό θάλαμο. Ο καλύτερος τρόπος για τη μόρφωση του δοκιμίου υγρού εδαφικού υλικού είναι η χρησιμοποίηση ενός οδηγού - δακτυλίου με κοφτερές ακμές.

3.3.2. Στην περίπτωση οργανικών εδαφών, στα οποία η διατάραξη κατά τη μόρφωση του δοκιμίου είναι σχεδόν αναπόφευκτη, εκλέγονται κατάλληλοι διάμετροι δακτυλίου και δειγματολήπτου έτσι ώστε το δοκίμιο φέρεται απ' ευθείας από τον δειγματολήπτη στον δακτύλιο, εφ' όσον τα κοφτερά άκρα του δακτυλίου έχουν ίδια διάμετρο με το δείγμα.

Γενικά κατά τη μόρφωση του δοκιμίου θα πρέπει να αποφεύγωνται οι δονήσεις και η οποιαδήποτε συμπίεση του υλικού.

3.3.3. Το δοκίμιο με το δακτύλιο ζυγίζονται πριν από τη δοκιμή.

4. Προσδιορισμός συναφών παραμέτρων του εδαφικού υλικού

4.1. Προσδιορισμός ποσοστού φυσικής υγρασίας, βάρους, όγκου και ειδικού βάρους των κόκκων

Το ποσοστό της φυσικής υγρασίας του εδαφικού υλικού προσδιορίζεται από τα τεμάχια του δείγματος που απομένουν μετά τη μόρφωση του δοκιμίου. Το υγρό φαινόμενο βάρος του εδαφικού υλικού προσδιορίζεται από το γνωστό βάρος του δοκιμίου και τον όγκο του.

Το ξηρό φαινόμενο βάρος προσδιορίζται από το υγρό φαινόμενο βάρος και το ποσοστό της φυσικής υγρασίας ή ξηραίνοντας και στη συνέχεια ζυγίζοντας το δοκίμιο, (γνωστού όγκου), μετά το τέλος της δοκιμής. Η τιμή του ποσοστού της φυσικής υγρασίας που προσδιορίζεται από τα τεμάχια του δείγματος χρησιμοποιείται, μαζί με το ειδικό βάρος των κόκκων, για τον προσδιορισμό του αρχικού δείκτη πόρων του δοκιμίου.

5. Πορεία της Δοκιμής

5.1. Οι πορόλιθοι υγραίνονται έτσι ώστε να μην απορροφούν νερό από το δοκίμιο ούτε να αποδίδουν νερό σ' αυτό.

Υγραίνονται επίσης όλες οι εσωτερικές επιφάνειες της συσκευής στερεοποιήσεως. Το δοκίμιο και οι πορόλιθοι συναρμολογούνται με το δακτύλιο και καλύπτονται με αεροστεγή μεμβράνη ώστε να εμποδίζεται η εξάτμιση του νερού του δοκιμίου.

5.2. Η συσκευή στερεοποιήσεως τοποθετείται στη συσκευή φορτίσεως και εφαρμόζεται μία αρχική μικρή πίεση της τάξεως των 0,05 Kg/cm^2, (ή 4,8 KPa). Για πολύ μαλακά εδάφη είναι επιθυμητή πολύ μικρή αρχική πίεση, της τάξεως των 0,02 Kg/cm^2 (2.4 KPa). Μετά από 5 min εφαρμογής του αρχικού αυτού φορτίου τοποθετείται το μηκυνσιόμετρο στην ένδειξη 0.

5.3. Εφαρμόζονται πιέσεις 0.125, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 Kg/cm^2 ... κλπ στο δοκίμιο και κάθε πίεση παραμένει σταθερή για χρονικό διάστημα όπως ορίζεται στην παρ. 5.4.

Η διαβροχή του δοκιμίου γίνεται αμέσως μετά την εφαρμογή του πρώτου φορτίου της κλίμακας. Αν κατά τη διαβροχή σημειωθεί διόγκωση του δοκιμίου τότε προστίθεται το αμέσως επόμενο φορτίο της κλίμακας μέχρις ότου σταματήσει η διόγκωση και οι μετρήσεις αρχίζουν πάλι από την αρχή του χρόνου.

Η φόρτιση του δοκιμίου πρέπει να αυξάνεται μέχρις ότου το τελευταίο τμήμα της καμπύλης, παραμόρφωσης - λογαρίθμου πιέσεως, γίνει ευθύγραμμο.

Πρακτικά, μια τελική τάση τέσσερες φορές μεγαλύτερη από την τάση προστερεοποιήσεως του δοκιμίου, είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί η παραπάνω απαίτηση. Επίσης η τελική αυτή τάση θα πρέπει να είναι τουλάχιστον δύο φορές μεγαλύτερη από την τάση που αναπτύσσεται επιτόπου (= τάση λόγω υπερκείμενων εδαφών + τάση από την κατασκευή).

5.4. Πριν από την εφαρμογή της επόμενης βαθμίδας πιέσεως καταγράφεται το πάχος ή η μεταβολή του πάχους του δοκιμίου και παίρνονται αναγνώσεις κάθε 0.1, 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 15 και 30 λεπτά, 1, 2, 4, 8 κλπ. ώρες μετρούμενα από το χρόνο επιβολής της κάθε βαθμίδας πιέσεως.

Αναγνώσεις θα πρέπει να παίρνονται μέχρις ότου το χαρακτηριστικό ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης «παραμόρφωσης-λογαρίθμου χρόνου», κατά τη δευτερεύουσα στερεοποίηση, γίνει εμφανές.

Σε εδάφη όπου η πρωτεύουσα στερεοποίηση πραγματοποιείται με αργό ρυθμό ή όταν ενδιαφέρει το φαινόμενο της δευτερεύουσας στερεοποιήσεως του εδάφους η κάθε βαθμίδα φορτίσεως εφαρμόζεται επί 24 και άνω ώρες.

Αν πρόκειται να γίνουν καμπύλες «παραμορφώσεως - τετραγωνικής ρίζας του χρόνου» τότε ενδείκνυται τα χρονικά διαστήματα των μετρήσεων να είναι 0.09, 0.25, 0.49, 1, 4, 9, 16, 25 λεπτά κλπ.

Όλοι οι πιο πάνω χρόνοι μπορεί να μεταβληθούν κατά την κρίση του μελετητή, αρκεί να είναι αρκετοί για την χάραξη των καμπυλών.

5.5. Αποφόρτιση

Η αποφόρτιση θα πρέπει να γίνεται σταδιακά σε βαθμίδες με αντίστροφη πορεία από εκείνη της φορτίσεως.

5.6. Αν ενδιαφέρει η συμπεριφορά του εδάφους σε διαδοχικά στάδια φορτίσεως - αποφορτίσεως - επαναφορτίσεως κλπ. αυτό αναπαράγεται στη δοκιμή στερεοποιήσεως με επιλογή ανάλογου τρόπου φορτίσεως του δοκιμίου.

5.7. Αν η δοκιμή γίνεται σε αδιατάρακτο δείγμα που ήταν πλήρως κορεσμένο επί τόπου, (π.χ. κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα), το δοκίμιο κατακλύζεται με νερό στο στάδιο της φορτίσεως που αντιστοιχεί σε κατακόρυφη πίεση ίση ή μεγαλύτερη από την πίεση του εδάφους στη θέση λήψεως του δείγματος.

5.8. Για να ελαχιστοποιηθεί η διόγκωση κατά την αποσυναρμολόγηση, το δοκίμιο θα πρέπει να αποφορτιστεί μέχρι ενός πολύ μικρού φορτίου. Μετά την απομάκρυνση του τελικού αυτού φορτίου, η συσκευή αποσυναρμολογείται αμέσως και εξάγεται το δοκίμιο από τον δακτύλιο.

Το δοκίμιο ζυγίζεται, ξηραίνεται και μετά επαναζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους των κόκκων του εδάφους και της φυσικής υγρασίας.

6. Υπολογισμοί — Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

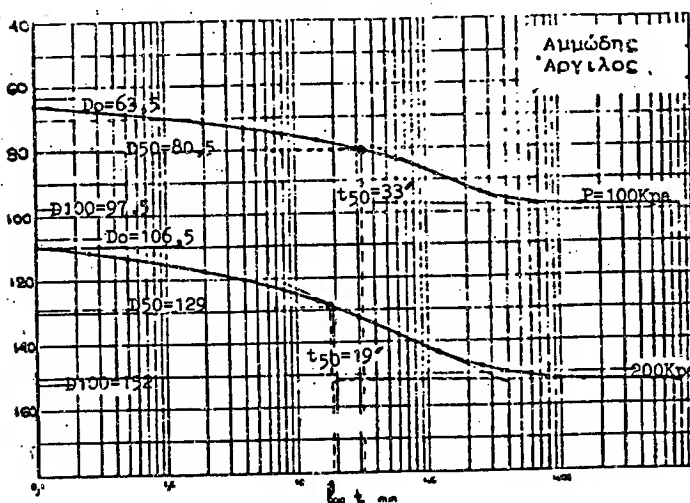
6.1. Μέθοδος λογαρίθμου χρόνου

6.1.1. Κατασκευάζεται η καμπύλη «παραμορφώσεως - λογαρίθμου χρόνου» για κάθε βαθμίδα φορτίσεως, (σχήμα 2).

6.1.2. Προσδιορίζεται η παραμόρφωση ή ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί σε βαθμό στερεοποιήσεως 100% προεκτείνοντας το μεσαίο ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης «παραμορφώσεως - λογαρίθμου χρόνου» και το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει τα τελευταία σημεία της καμπύλης στην περιοχή της δευτερεύουσας στερεοποιήσεως. Η τομή των προσδιορίζει τη παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε 100% βαθμό πρωτεύουσας στερεοποιήσεως.

6.1.3. Για κάθε βαθμίδα φορτίσεως προσδιορίζεται η παραμόρφωση ή ο δείκτης πόρων που αντιστοιχεί σε 0% βαθμό στερεοποιήσεως ως εξής: Στην καμπύλη «παραμορφώσεως - λογαρίθμου χρόνου» προσδιορίζονται 2 σημεία που αντιστοιχούν σε χρόνους t και 4t. Ο χρόνος t εκλέγεται μεταξύ 0,1 έως 1 min. Η παραμόρφωση πόυ αντιστοιχεί σε βαθμό 0% πρωτεύουσας στερεοποίησης θα είναι ίση με την παραμόρφωση που αντιστοιχεί στον μικρότερο χρόνο μείον την διαφορά σε παραμόρφωση των δύο εκλεγέντων σημείων.

Αναγνώσεις μηκυνσιομέτρου (10^{-2} mm). Δl



Σχήμα 2. Μεταβολή των καθιζήσεων με τον λογάριθμο του χρόνου.

Στη συνέχεια προσδιορίζεται ο χρόνος που αντιστοιχεί σε βαθμό στερεοποιήσεως 50% (t50%). Ο χρόνος αυτός βρίσκεται από την καμπύλη «παραμορφώσεως - λογαρίθμου χρόνου» και αντιστοιχεί στην παραμόρφωση Δl.

$$\Delta \ell - (\Delta \ell)_{100\%} - (\Delta \ell)_{0\%} \;/\; 2$$

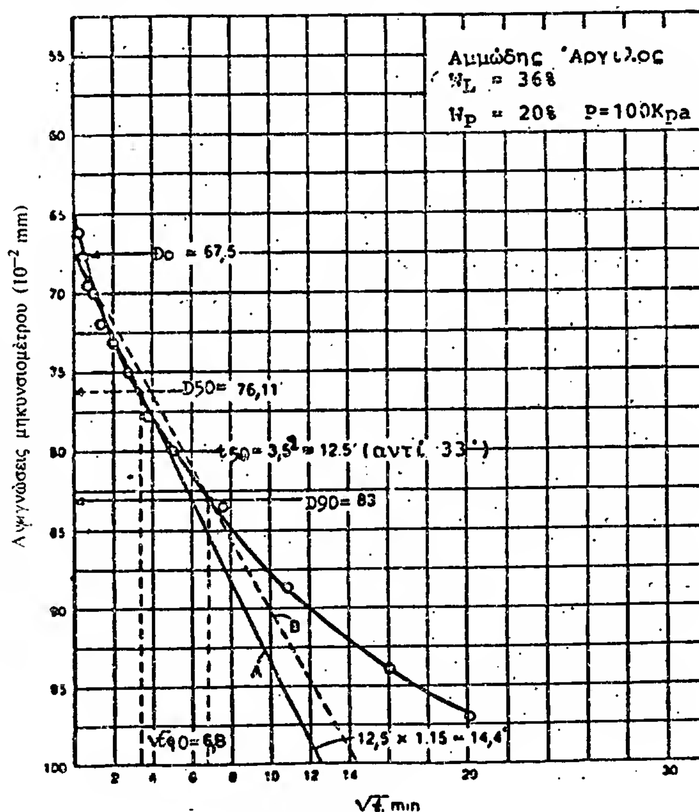
6.1.4. Υπολογισμός του συντελεστή στερεοποιήσεως C_V σε μονάδες (μήκος)^2 / χρόνος

$$C_V = 0{,}049 \; H^2/t50 \qquad (1)$$

Η = Ύψος του δοκιμίου
t50 = Χρόνος για 50% στερεοποίηση
Εάν Η είναι σε mm και t50 σε sec ή min τότε ο συντελεστής στερεοποιήσεως θα εκφραστεί σε mm^2/sec ή mm^2/min, αντίστοιχα.

6.2. Μέθοδος Τετραγωνικής Ρίζας του χρόνου

Κατασκευάζεται η καμπύλη «παραμορφώσεως - τετραγωνική ρίζα του χρόνου» και προσδιορίζεται η παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε βαθμό στερεοποίησης 90%, (σχήμα 3).



Σχήμα 3. Μεταβολή των καθιζήσεων με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου.

Το αρχικό τμήμα της καμπύλης αυτής προσεγγίζεται με μία ευθεία γραμμή. Προεκτεινόμενη η ευθεία αυτή γραμμή προσδιορίζει για t = 0 την παραμόρφωση που αντιστοιχεί σε βαθμό 0% στερεοποίηση, ευθεία Α.

Η τομή της καμπύλης «$\Delta \ell$ - $\sqrt{t}$ με μία δεύτερη ευθεία, ευθεία Β, που περνάει από το σημείο t = 0 και έχει σχέση 1,15 φορές την κλίση του αρχικού ευθυγράμμου τμήματος, προσδιορίζει τον χρόνο t90 που αντιστοιχεί σε 90% στερεοποίηση.

Ο συντελεστής στερεοποιήσεως προσδιορίζεται από την σχέση:

$$C_V = \frac{0{,}212\, H^2}{t90} \qquad (2)$$

όπου:
Η = ύψος του δοκιμίου
t90 = χρόνος για 90% στερεοποίηση.

Εάν Η δίδεται σε mm και t90 σε sec ή min τότε ο συντελεστής στερεοποιήσεως εκφράζεται σε mm^2/sec ή mm/min, αντίστοιχα.

6.3. Προσδιορισμός του αρχικού δείκτη πόρων, ποσοστού φυσικής υγρασίας, φαινομένου βάρους και βαθμού κορεσμού χρησιμοποιώντας το ολικό και ξηρό βάρος του δοκιμίου, τον όγκο του και το ειδικό βάρος των κόκκων.

Ο δείκτης πόρων προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$e = \frac{V_V}{V_S} = \frac{(H_O - H_s)}{H_S} \qquad (3)$$

H_o = αρχικό ύψος του δοκιμίου
H_S = ισοδύναμο των στερεών κόκκων

$$H_s = \frac{V_s}{A} \quad , \; A = \text{επιφάνεια δοκιμίου}$$

V_s = όγκος των στερεών κόκκων

$$V_s = \frac{\text{Ξηρό Βάρος}}{G_s}$$

G_s = Ειδικό βάρος των κόκκων

6.4. Υπολογίζεται ο δείκτης πόρων για 100% στερεοποίηση σε κάθε βαθμίδα φορτίσεως ή αποφορτίσεως του δοκιμίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην καμπύλη «Δείκτης πόρων (e) — Λογάριθμος πιέσεως (log p) στο κάθε σημείο της οποίας αντιστοιχεί μια φόρτιση p και ένας δείκτης e που αντιπροσωπεύει 100% στερεοποίηση του δοκιμίου υπό τη φόρτιση p.

6.5. Προσδιορίζεται με γραφικό τρόπο η πίεση προστερεοποιήσεως του εδάφους (μέθοδος Casagrande).

Στο σημείο της μέγιστης καμπυλότητας της καμπύλης "e - log p" σχεδιάζεται η εφαπτομένη της καμπύλης και η παράλληλος προς τον άξονα log p και βρίσκεται η διχοτόμος της σχηματιζομένης γωνίας. Το σημείο τομής της διχοτόμου της γωνίας με την προέκταση του ευθυγράμμου τμήματος της καμπύλης αντιστοιχεί στην τάση προστερεοποιήσεως του δοκιμίου p_c, (σχήμα 5).

Όταν $p_c = p'_o$

όπου:

p'_o ενεργή πίεση εδάφους στο βάθος λήψεως του δοκιμίου, η άργιλος ονομάζεται κανονικά στερεοποιημένη.

Όταν:

$p_c > p'_o$

η άργιλος ονομάζεται προστερεοποιημένη και

Όταν:

$p_c < p'_o$

η άργιλος βρίσκεται υπό στερεοποίηση δηλαδή δεν έχει ολοκληρωθεί η στερεοποίησή της υπό την υπάρχουσα πίεση του εδάφους.

6.6. Ο δείκτης συμπιέσεως (Cc) προσδιορίζεται από την κλίση του ευθυγράμμου τμήματος της καμπύλης, "e-log p", της φόρτισης.

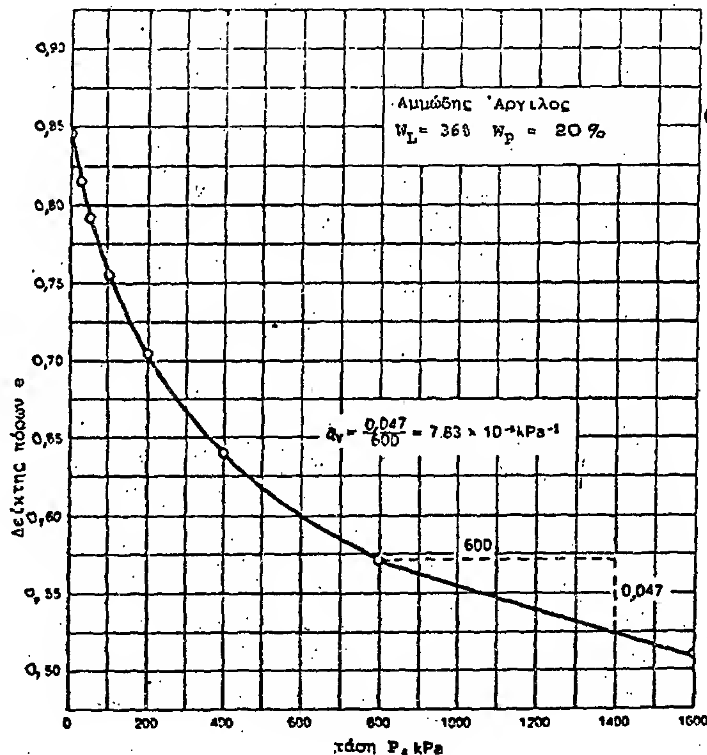
6.7. Από τα αποτελέσματα της δοκιμής στερεοποιήσεως μπορεί να υπολογισθεί ο συντελεστής Υδροπερατότητας K από τη σχέση:

$$K = \frac{c_v \cdot a_v \cdot \gamma_w}{1 + e} \tag{4}$$

όπου:

a_v: είναι η κλίση της καμπύλης πιέσεως "p" — δείκτη πόρων "e" (αριθμητική κλίμακα πιέσεως), (σχήμα 4).

c_v: είναι ο συντελεστής στερεοποιήσεως που υπολογίζεται με την σχέση (1) ή (2).



Σχήμα 4. Μεταβολή του δείκτη πόρων με την κατακόρυφη τάση.

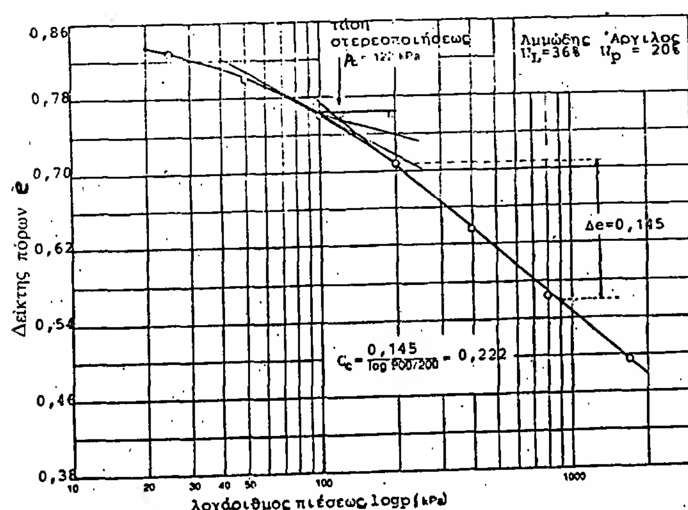
γ_w: είναι η πυκνότητα του νερού.

Επειδή η γραφική παράσταση "e - log p" είναι πιο συνηθισμένη από την "e - p" χρησιμοποιείται ο δείκτης συμπιέσεως C_c (κλίση της καμπύλης "e - log p") και βάση αυτού προσδιορίζεται ο συντελεστής a_v από τη σχέση:

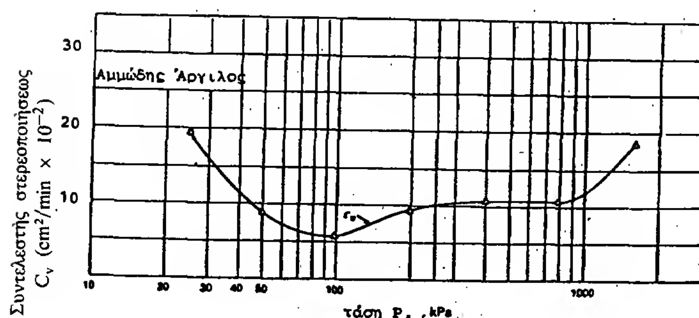
$$a_v = \frac{0{,}435 \cdot C_c}{p} \left(\frac{cm^2}{kg}\right) \tag{5}$$

όπου:

C_c = δείκτης συμπιέσεως



Σχήμα 5. Μεταβολή του δείκτη πόρων με τον λογάριθμο της κατακορύφου τάσεως.



Σχήμα 6. Μεταβολή του συντελεστή στερεοποιήσεως με την κατακόρυφη τάση.

p = μέση τάση της βαθμίδας φορτίσεως ($p = (p_1+p_2) / 2$)

Επομένως ο συντελεστής υδροπερατότητας μπορεί να υπολογισθεί από τη σχέση:

$$K = \frac{0{,}435 \cdot C_c \cdot C_v \cdot \gamma_w}{p\,(1+e)} \qquad (6)$$

Σχεδιάζεται η μεταβολή του συντελεστή στερεοποιήσεως με τη κατακόρυφη τάση, (σχήμα 6).

7. Βιβλιογραφία

1. ASTM D 2435 - 80

14. ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ ΘΛΙΨΕΩΣ

1. Γενικά

Η μέθοδος αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της ανεμπόδιστης αντοχής συνεκτικού εδάφους αδιαταράκτου ή αναζυμωμένου δείγματος. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η συνεκτικότητα του εδάφους να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει την διατήρηση της γεωμετρίας του δοκιμίου χωρίς την εφαρμογή πλευρικής πιέσεως.

1. Ορισμός

Είναι η δοκιμή κατά την οποία εφαρμόζεται στο δοκίμιο, ελεύθερο από πλευρική πίεση, ένα αξονικό φορτίο. Σαν αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη ορίζεται η τάση στην οποία το δοκίμιο εμφανίζει 2 από τις ακόλουθες καταστάσεις:

α) Αρχίζει να παρουσιάζει επιφάνεια θραύσεως.

β) Η παραμόρφωση συνεχίζεται χωρίς την αύξηση φορτίου.

Εάν καμιά από τις παραπάνω καταστάσεις δεν συμβαίνει, τότε σαν αντοχή λαμβάνεται η τάση που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

3. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.1. Ειδικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.1.1. Συσκευή θλίψεως

Μπορεί να είναι χειροκίνητη ή μηχανοκίνητη με ελεγχόμενη ταχύτητα επιβολής της παραμορφώσεως ή του φορτίου.

3.1.2. Μετρητής παραμορφώσεως

Ο μετρητής παραμορφώσεως θα πρέπει να είναι βαθμολογημένος δίσκος σε διαστήματα των 0,03mm και να έχει διαδρομή τουλάχιστον 20% του μήκους του δοκιμίου ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή που θα συμπληρώνει τις απαιτήσεις αυτές.

3.1.3. Διαστημόμετρο τύπου Vernier κατάλληλο για την ακριβή μέτρηση των διαστάσεων του δοκιμίου με ακρίβεια 0,25 mm.

3.1.4. Χρονόμετρο ακριβείας δευτερολέπτου για τη μέτρηση του ρυθμού, (ταχύτητας), φορτίσεως ή παραμορφώσεως κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

3.1.5. Μορφωτής δοκιμίου με τα εξαρτήματά του

(α) Πλαίσιο μορφοποιήσεως
(β) Συρμάτινο πριόνι
(γ) Μαχαίρια.

3.1.6. Εξολκέας Δείγματος

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των δειγμάτων από το δειγματολήπτη. Η εξαγωγή του δείγματος θα πρέπει να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δείγματος και με διεύθυνση εξολκεύσεως την ίδια με αυτή της δειγματοληψίας.

3.1.7. Κύλινδρος αναζυμώσεως και έμβολο

Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για την αναζύμωση και μόρφωση του δείγματος όπου αυτό απαιτείται.

3.2. Γενικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.2.1. Κλίβανος ξηράνσεως ελεγχόμενος με θερμοστάτη ικανός να διατηρήσει θερμοκρασία 110 ± 5°C, για την επί μέρους δοκιμή προσδιορισμού της φυσικής υγρασίας.

3.2.2. Ζυγοί ακριβείας 0,01 και 0,1 του γραμμαρίου

Δοκίμια μικρότερα από 100 γραμμάρια θα πρέπει να ζυγίζονται με ακρίβεια 0.01 του γραμμαρίου ενώ δοκίμια μεγαλύτερα από 100 γραμμάρια θα ζυγίζονται με ακρίβεια 0.1 του γραμμαρίου.

3.2.3. Διάφορες άλλες συσκευές γενικής χρήσεως

Μαχαίρια, σπάτουλες, κάψες για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας, έντυπα χαρτιά δοκιμής.

4. Προπαρασκευή των δοκιμίων

4.1. Διαστάσεις δοκιμίου

Το δοκίμιο δεν πρέπει να έχει διάμετρο μικρότερη από 33mm ενώ η μέγιστη διάμετρος των κόκκων θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/10 της διαμέτρου του δοκιμίου. Για δοκίμια που έχουν διάμετρο ίση με ή μεγαλύτερη από 71,1 mm η μέγιστη διάμετρος των κόκκων θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/6 της διαμέτρου του δοκιμίου.

Εάν μετά τη δοκιμή αδιατάρακτου δοκιμίου, διαπιστωθεί ότι η μέγιστη διάμετρος των περιεχομένων κόκκων δεν ικανοποιεί τις παραπάνω απαιτήσεις θα πρέπει να σημειώνεται στο έντυπο χαρτί της δοκιμής.

Ο λόγος ύψους προς τη διάμετρο του δοκιμίου θα πρέπει να είναι 2 ως 3. Η μέτρηση των διαστάσεων του δοκιμίου θα πρέπει να γίνεται με το διαστημόμετρο τύπου Vernier με ακρίβεια 0,25 mm.

4.2. Αδιατάρακτα δοκίμια

Κατά την μόρφωση των αδιαταράκτων δοκιμίων δίνεται πολλή μεγάλη προσοχή για την αποφυγή διαταράξεως του δείγματος κατά την εξαγωγή του από το δειγματολήπτη. Αν παρατηρείται

οποιαδήποτε διατάραξη του δείγματος κατά την εξόλκευσή του από τον δειγματολήπτη τότε ο σωλήνας που περιέχει το δείγμα θα πρέπει να κόβεται εγκάρσια ή κατά μήκος του, έτσι ώστε να διευκολύνεται η εξαγωγή του δοκιμίου χωρίς διατάραξη.

Κατά τη διάρκεια μόρφωσης του δοκιμίου θα πρέπει να τηρούνται όλες οι προφυλάξεις, ώστε να εμποδίζεται η αλλαγή της φυσικής υγρασίας. Το δοκίμιο θα πρέπει να μορφώνεται κυλινδρικό με διατομές ίσες και κάθετες προς τον άξονά του. Όταν η κατάσταση του δοκιμίου το επιτρέπει μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόρνος, για τη μόρφωση της κυλινδρικής επιφάνειας.

Όταν το δείγμα περιέχει χαλίκια που δυσχεραίνουν τη μόρφωση, οι άνω και κάτω, επιφάνειες του δοκιμίου, καλύπτονται με λεπτό στρώμα γύψου ώστε να επιτυγχάνεται η επιπεδότητα και καθετότητα των διατομών αυτών ως προς τον άξονα του δοκιμίου.

Προσδιορίζεται το βάρος του δοκιμίου.

Αν για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όλο το δοκίμιο φυλάσσονται αντιπροσωπευτικά τεμάχια που αποκόπηκαν από το ίδιο δείγμα και τοποθετούνται αμέσως σε αεροστεγές δοχείο.

4.3. Αναζυμωθέντα δοκίμια

Η προπαρασκευή των δοκιμίων γίνεται είτε χρησιμοποιώντας θραυσμένο αδιατάρακτο δοκίμιο είτε διαταραγμένο δείγμα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται θραυσμένο αδιατάρακτο δοκίμιο το υλικό τυλίγεται σε αεροστεγή μεμβράνη και δουλεύεται εξωτερικά με τα δάκτυλα ώστε να εξασφαλιστεί πλήρης αναζύμωση του υλικού.

Μετά την αναζύμωση το υλικό επανασυμπυκνώνεται μέσα σε κυλινδρικά καλούπια με επιθυμητές διαστάσεις, όπως περιγράφονται στην παρ. 4.1. και γίνεται προσπάθεια ώστε το αναζυμωμένο δοκίμιο να έχει τον ίδιο δείκτη πόρων και την ίδια φυσική υγρασία με το αδιατάρακτο δείγμα. Βεβαίως το υλικό μπορεί να επανασυμπυκνωθεί σε οποιαδήποτε επιθυμητή υγρασία και πυκνότητα και ακόμα μπορεί να κορεσθεί πλήρως πριν από τη δοκιμή.

Μετά την εξαγωγή του δοκιμίου από το κυλινδρικό καλούπι γίνεται μόρφωση των ακραίων διατομών του και προσδιορίζεται το βάρος του.

5. Πορεία Δοκιμής

Το δοκίμιο τοποθετείται στη συσκευή φορτίσεως (θλίψεως) στο κέντρο της κάτω πλάκας. Η συσκευή ρυθμίζεται έτσι ώστε η άνω πλάκα να βρίσκεται σε επαφή με την άνω επιφάνεια του δοκιμίου και μηδενίζεται ο μετρητής των παραμορφώσεων.

Στο δοκίμιο εφαρμόζεται θλιπτικό αξονικό φορτίο τέτοιο ώστε η παραμόρφωση που θα επιτυγχάνεται να είναι της τάξεως των 1/2 ως 2% ανά λεπτό (min) και γίνεται η καταγραφή των τιμών των αξονικών φορτίων και των παραμορφώσεων ανά 30 δευτερόλεπτα (sec). Η ταχύτητα των επιβαλλομένων παραμορφώσεων θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η ολική διάρκεια της δοκιμής να μην ξεπερνά τα 10 min προκειμένου για δοκίμια που δεν προστατεύονται με αεροστεγή μεμβράνη. Η επιβολή του θλιπτικού αξονικού φορτίου συνεχίζεται μέχρι να παρατηρηθεί μείωση του φορτίου με αυξανόμενες παραμορφώσεις ή μέχρι να φθάσει η παραμόρφωση την τιμή 20%.

Στη περίπτωση που τα δοκίμια προστατεύονται με αεροστεγή μεμβράνη η ταχύτητα των επιβαλλομένων παραμορφώσεων μπορεί να είναι μικρότερη και συνεπώς η ολική διάρκεια της δοκιμής μεγαλύτερη για καλύτερα αποτελέσματα της δοκιμής. Η ταχύτητα αυτή αναγράφεται στα αποτελέσματα της δοκιμής. Όλα γενικώς τα στοιχεία του δοκιμίου, οι ενδείξεις των παραμορφώσεων και φορτίου καθώς και ο τρόπος θραύσεως του δοκιμίου θα πρέπει να σημειώνονται σε έντυπα χαρτιά της δοκιμής.

6. Υπολογισμοί

6.1. Ανηγμένη παραμόρφωση, ε:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$$

Lo = αρχικό μήκος δοκιμίου

ΔL = Παραμόρφωση, (βράχυνση), του δοκιμίου σύμφωνα με τις ενδείξεις του μετρητή παραμορφώσεων.

6.2. Μέση επιφάνεια Δοκιμίου Α, για δοσμένη ανηγμένη παραμόρφωση ε:

$A = Ao/1 - \varepsilon$

Ao = αρχική μέση επιφάνεια του δοκιμίου

ε = ανηγμένη παραμόρφωση για ένα ορισμένο φορτίο.

6.3. Μέση τάση σ για ένα ορισμένο φορτίο

$\sigma = P/A$

P = φορτίο εφαρμογής σύμφωνα με τις ενδείξεις του μετρητή του φορτίου

A = αντίστοιχη μέση επιφάνεια του δοκιμίου.

7. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της δοκιμής σε ανεμπόδιστη θλίψη γίνεται με την καμπύλη τάσεων - ανηγμένων παραμορφώσεων. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη είναι η μέγιστη τιμή της τάσεως ή η τάση που αντιστοιχεί σε ανηγμένη παραμόρφωση 20%.

Στο ειδικό έντυπο χαρτί της δοκιμής παρουσιάζονται μαζί με τη γραφική παράσταση των αποτελεσμάτων της δοκιμής και όλα τα στοιχεία που αφορούν:

— τον τύπο της δοκιμής
— το είδος του δείγματος
— το βάθος λήψεως του δείγματος
— τις διαστάσεις του δοκιμίου
— τη σύσταση του εδαφικού υλικού
— την Αρχική πυκνότητα, φυσική υγρασία και βαθμό κορεσμού
— την αντοχή του υλικού σε ανεμπόδιστη θλίψη
— τη μέση ανηγμένη παραμόρφωση κατά τη θραύση του δοκιμίου.

8. Βιβλιογραφία

8.1. A.A.S.H.T.O. T 208
8.2. A.S.T.M. D 2166 - 66

15. ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΣΕ ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ

1. Σκοπός

1.1. Η δοκιμή αυτή καλύπτει τον προσδιορισμό της διατμητικής αντοχής κυλινδρικών δοκιμίων συνεκτικών εδαφών, σε αδιατάρακτη κατάσταση, ή ύστερα από αναζύμωση. Η εφαρμογή του κατακόρυφου φορτίου, που εξασκείται κατά τον άξονα του δοκιμίου, που υπόκειται ταυτόχρονα σε μια πλευρική πίεση, ελέγχεται με τη μέτρηση των παραμορφώσεων του δοκιμίου και των τάσεων που εξασκούνται σ' αυτό.

1.2. Η δοκιμή αυτή παρέχει τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των διατμητικών ιδιοτήτων και της σχέσεως τάσεως - παραμορφώσεως των εδαφών.

2. Περιγραφή όρων

2.1. *Δοκιμή Τριαξονικής Φορτίσεως:* Κατ' αυτήν ένα κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους που περιβάλλεται από μια ελαστική μεμβράνη και στη συνέχεια από ένα υγρό μέσα σ' ένα θάλαμο πιέσεως, υποβάλλεται σε μια ομοιόμορφη πλευρική πίεση. Στη συνέχεια το δοκίμιο υποβάλλεται σε κατακόρυφη συμπίεση με ένα αξονικό φορτίο.

2.2. *Πρόσθετη αξονική τάση:* Η αξονική πίεση που εξασκείται στο δοκίμιο είναι ίση με το αξονικό φορτίο διαιρούμενο με την ανηγμένη επιφάνεια του δοκιμίου. Η μέγιστη κυρία τάση του δοκιμίου ισούται με το άθροισμα της μέγιστη κατακορύφου πιέσεως και της πιέσεως του θαλάμου, και η ελάχιστη ίση με την πίεση του θαλάμου. Η πρόσθετη αξονική τάση είναι ίση με τη διαφορά της μέγιστης και ελάχιστης κυρίας τάσεως που εξασκούνται στο δοκίμιο.

3. Είδη τριαξονικών δοκιμών

3.1. Η διατμητική αντοχή του εδάφους είναι συνάρτηση όχι μόνο του μεγέθους της πιέσεως που εξασκείται σ' αυτό και της πιέσεως του νερού των πόρων, αλλά εξαρτάται και από την εντατική κατάσταση που βρίσκονταν το έδαφος πριν από τη δοκιμή του.

3.2. Από τη συμπεριφορά αυτή της διατμητικής αντοχής προέκυψε η ανάγκη αναπτύξεως μιας ποικιλίας από τριαξονικές δοκιμές οι κυριώτερες από τις οποίες είναι οι εξής:

3.2.1. *Δοκιμή χωρίς στερεοποίηση — χωρίς αποστράγγιση καλουμένη επίσης και ταχεία (UU).*

Κατά την πιο πάνω δοκιμή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων κατά τη θραύση ενός κυλινδρικού δοκιμίου εδάφους όπου δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου κατά την τριαξονική φόρτιση.

Κατά την δοκιμή αυτή δεν μετράται η πίεση του νερού των πόρων.

Αν ζητηθούν μετρήσεις της πιέσεως του νερού των πόρων, η διάρκεια της δοκιμής αυξάνει ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου η αυτή σε όλο το ύψος του δοκιμίου.

3.2.2. *Δοκιμή με στερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση με μέτρηση της πιέσεως του νερού των πόρων (CUPP):*

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σε ένα προστερεοποιημένο κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτισή του δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων. Κατά την δοκιμή μετράται η πίεση του νερού των πόρων. Κατά το στάδιο της διατμήσεως η ταχύτητα φορτίσεως του θα πρέπει να είναι αρκετά βραδεία ώστε η πίεση των πόρων να είναι περίπου η αυτή σε όλο το ύψος του δοκιμίου.

3.2.3. *Δοκιμή με στερεοποίηση και με αποστράγγιση (CD).*

Κατά τη δοκιμή αυτή εκφράζεται η κατάσταση των τάσεων σε ένα κυλινδρικό δοκίμιο εδάφους, όπου κατά την τριαξονική φόρτιση μετά από την στερεοποίηση λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων του δοκιμίου. Κατά το στάδιο της διατμήσεως, η ταχύτητα φορτίσεως του δοκιμίου θα πρέπει να είναι τόσο βραδεία, ώστε πρακτικά να μην αναπτύσσεται καμμία πίεση του νερού των πόρων.

Ο χρόνος στερεοποιήσεως για τις δοκιμές (CUPP) και (CD) διαρκεί είτε μέχρι πλήρους αποστραγγίσεως του δοκιμίου, για το δεδομένο φορτίο προστερεοποιήσεως, που ελέγχεται με τη βοήθεια μιας μπιουρέτας, όπου μαζεύεται το νερό αποστραγγίσεως, είτε μέχρι μηδενισμού της πιέσεως του νερού των πόρων του δοκιμίου.

4. Εξοπλισμός

4.1. Για την εκτέλεση μιας δοκιμής τριαξονικής φορτίσεως χρειάζεται ο πιο κάτω ειδικός και γενικός εξοπλισμός:

4.2. *Ειδικός Εξοπλισμός*

4.2.1. Τριαξονική συσκευή.

4.2.2. Μορφωτής δοκιμίου με τον εξοπλισμό του.

α) Μήτρα μορφώσεως δοκιμίου

β) Συρμάτινο πριόνι

γ) Μαχαίρι.

4.2.3. Ελαστική μεμβράνη.

4.2.4. Τανυστής αναρροφήσεως μεμβράνης.

4.3. Γενικός Εξοπλισμός .

4.3.1. Παροχή απαερομένου νερού.

4.3.2. Παροχή κενού αέρα.

4.3.3. Ζυγοί (ακριβείας 0,1 γραμ. και 0,01 γραμ.).

4.3.4. Κλίβανοι ξηράνσεως.

4.3.5. Ελαστικοί δακτύλιοι.

4.3.6. Δοχεία βρασμού νερού.

4.3.7. Χρονόμετρο.

5. Προετοιμασία και μέγεθος δοκιμίου

5.1. Η προετοιμασία του δοκιμίου, κατά προτίμηση, πρέπει να γίνεται σε υγρό θάλαμο, για να αποφεύγεται η απώλεια υγρασίας του. Επίσης κατά την προπαρασκευή του πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε η διατάραξή του να μειώνεται στο ελάχιστο.

Για την τριαξονική δοκιμή μπορεί να χρησιμοποιηθούν δοκίμια οποιουδήποτε μεγέθους και διαμέτρου, αρκεί να προσαρμοσθεί κατάλληλα η συσκευή και να διατηρείται η σχέση διαμέτρου προς το ύψος 1:2 έως 1:3 με μία ελάχιστη διάμετρο 33 mm. Τα πιο επικρατέστερα όμως μεγέθη που συνηθίζονται στην πρακτική είναι τα δοκίμια με ύψος 72 mm και διάμετρο 35 mm και τα δοκίμια με ύψος 165 mm και διαμέτρου 71 mm.

6. Διαδικασία θραύσεως του δοκιμίου

6.1. Δοκιμές χωρίς στερεοποίηση χωρίς αποστράγγιση (UU)

Κατά τη δοκιμή αυτή δεν μετράται η πίεση των πόρων και εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε κορεσμένα δοκίμια, δηλαδή σε εδάφη που βρίσκονται κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα.

6.1.1. Μέσα στον υγρό θάλαμο το δοκίμιο περιβάλλεται με μία ελαστική μεμβράνη με τη χρησιμοποίηση του τανυστού μεμβράνης. Το πάχος της μεμβράνης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1% της διαμέτρου του δοκιμίου. Ζυγίζεται η μεμβράνη μαζί με το δοκίμιο, με ακρίβεια μέχρι 0,1 g και σημειώνεται το βάρος.

6.1.2. Το δοκίμιο τοποθετείται αμέσως στη βάση της τριαξονικής συσκευής, υγραίνεται η μεμβράνη, αναδιπλώνεται και δένεται στη βάση με ένα ελαστικό δακτύλιο.

Τοποθετείται το κάλυμμα πάνω στη κορυφή του δοκιμίου. Διαβρέχεται το επάνω άκρο της μεμβράνης και τυλίγεται πλευρικά στο κάλυμμα. Τοποθετείται ο δεύτερος ελαστικός δακτύλιος και η μεμβράνη αναδιπλώνεται. Το βάρος του καλύμματος πρέπει να είναι λιγότερο από 0,5% του εφαρμοσμένου φορτίου στη θραύση. Οι διάμετροι της βάσης και του καλύμματος πρέπει να είναι ίσες με τη διάμετρο του δοκιμίου.

6.1.3. Τοποθετείται προσεκτικά το επάνω τμήμα της συσκευής και στη συνέχεια ελέγχεται αν το άκρο του εμβόλου εφάπτεται στο κέντρο του καλύμματος. Σφίγγονται όλοι οι κοχλίες της κορυφής των κατακορύφων ράβδων μέχρι να επιτευχθεί η στεγάνωση του θαλάμου. Στο σημείο αυτό πρέπει όλες οι βαλβίδες της συσκευής να είναι κλειστές εκτός από τη βαλβίδα εξαερισμού. Ανοίγεται η βαλβίδα παροχής νερού και γεμίζεται ο θάλαμος με νερό και στη συνέχεια κλείνονται η βαλβίδα παροχής νερού και η βαλβίδα εξαερισμού.

6.1.4. Διαβιβάζεται στο θάλαμο η κατάλληλη πλευρική πίεση. Κατεβάζεται το έμβολο μέχρι να έρθει σε επαφή με το κάλυμμα. Καταγράφονται η αρχική ένδειξη του δακτυλίου φορτίσεως (που οφείλεται στη τριβή και στη δύναμη που ασκείται στο έμβολο από τη πλευρική πίεση) και η αρχική ένδειξη του μηκυνσιομέτρου.

6.1.5. Στο στάδιο αυτό ελέγχονται προσεκτικά αν όλα είναι έτοιμα για τη δοκιμή. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής παίρνονται οι ενδείξεις του μηκυνσιομέτρου, του δακτυλίου φορτίσεως και του χρονομέτρου. Ενδείξεις παίρνονται για τις παραμορφώσεις 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5% για ολική παραμόρφωση μέχρι 0,5%, έπειτα ανά 0,5% μέχρι να επιτευχθεί ολική παραμόρφωση 3% και τελικά ανά 1% μέχρι το τέλος της δοκιμής. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής η πίεση στο θάλαμο πρέπει να διατηρείται σταθερή. Οι ενδείξεις του χρόνου λαμβάνονται κάθε τρίτη η τετάρτη ένδειξη. Όταν υπερβούμε το σημείο καμπής οι ενδείξεις λαμβάνονται αραιότερα. Συνεχίζεται η δοκιμή μέχρι η θλιπτική δύναμη που εφαρμόζεται να παραμένει σταθερή για μερικές ενδείξεις ή μέχρι το δοκίμιο να παραμορφωθεί περίπου (20%).

6.1.6. Σταματά η θλίψη και ελευθερώνεται η αξονική φόρτιση. Κλείνεται η βαλβίδα πιέσεως και στη συνέχεια εκτονώνεται η πίεση του θαλάμου από τη βαλβίδα εξαερισμού. Αφαιρείται το νερό από το θάλαμο και αποσυναρμολογείται η συσκευή. Σχεδιάζεται το δοκίμιο μετά τη θραύση. Στο σχέδιο γράφεται η μέγιστη και ελάχιστη διάμετρος, το μήκος του δοκιμίου και η κλίση του επιπέδου διατμήσεως, αν υπάρχει. Αφαιρείται η μεμβράνη και προσδιορίζεται η φυσική υγρασία του.

6.2. Δοκιμές με στερεοποίηση χωρίς αποστράγγιση (CUPP) Κορεσμένα δοκίμια

Στις δοκιμές αυτές γίνεται μέτρηση της πίεσης πόρων και χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ενεργών τάσεων και των ενεργών παραμέτρων στη θραύση (C΄ και Φ΄). Στη περίπτωση που το δοκίμιο δεν είναι κορεσμένο χρησιμοποιείται για τον κορεσμό αυτού, μία αντιπίεση πόρων (back pressure) όπως περιγράφεται παρακάτω στη παράγραφο 6.2.4.

6.2.1. Μέσα στον υγρό θάλαμο το δοκίμιο περιβάλλεται με μία ελαστική μεμβράνη με τη χρησιμοποίηση του τανυστού μεμβράνης. Το πάχος της μεμβράνης δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 1% της διαμέτρου του δοκιμίου. Ζυγίζεται η μεμβράνη μαζί με το δοκίμιο, με ακρίβεια μέχρι 0,1g και σημειώνεται το βάρος.

6.2.2. Απαερώνεται η βάση και η σωλήνωση που συνδέει τη βάση με τις προχοΐδες με έκπλυση με βρασμένο νερό. Τοποθετείται στη βάση της συσκευής πορόλιθος ο οποίος έχει βράσει στο νερό για την απομάκρυνση του αέρα. Αφήνεται το νερό να ρέει αργά από τη βρύση για να αποφευχθεί η δέσμευση αέρα, και τοποθετείται το δοκίμιο πάνω στον πορόλιθο της βάσεως. Κατόπιν υγραίνεται η μεμβράνη και αναδιπλώνεται στη βάση με ένα ελαστικό δακτύλιο.

Τοποθετείται ο δεύτερος απαερωμένος πορόλιθος καθώς και το κάλυμμα στην κορυφή του δοκιμίου. Κατά το στάδιο αυτό πρέπει το νερό να ρέει αργά διά μέσου του καλύμματος ώστε ν' αποφευχθεί η δέσμευση αέρα μεταξύ του δοκιμίου και πορολίθου. Όλα γενικά τα καλύμματα, οι σωληνώσεις και οι πορόλιθοι πρέπει να έχουν απαερωθεί. Διαβρέχεται το επάνω άκρο της μεμβράνης και τυλίγεται πλευρικά στο κάλυμμα. Τοποθετείται ένας ελαστικός δακτύλιος και η μεμβράνη αναδιπλώνεται. Οι διάμετροι της βάσης και του καλύμματος πρέπει να είναι ίσες με τη διάμετρο του δοκιμίου.

6.2.3. Τοποθετείται προσεκτικά το επάνω τμήμα της συσκευής και στη συνέχεια ελέγχεται αν το άκρο του εμβόλου εφάπτεται στο κέντρο του καλύμματος. Σφίγγονται όλοι οι κοχλίες της κορυφής και κατακορύφων ράβδων μέχρι να επιτευχθεί η στεγάνωση του θαλάμου. Στο σημείο αυτό πρέπει όλες οι βαλβίδες της συσκευής να είναι κλειστές εκτός από τη βαλβίδα εξαερισμού. Ανοίγεται η βαλβίδα παροχής νερού και γεμίζεται ο θάλαμος με νερό και στη συνέχεια κλείνονται η βαλβίδα παροχής νερού και η βαλβίδα εξαερισμού.

6.2.4. Κορεσμός δοκιμίου

Ο κορεσμός ενός δοκιμίου γίνεται μετρώντας τη παράμετρο της πίεσης πόρων Β. Η παράμετρος αυτή είναι ο λόγος της μεταβολής της πίεσης πόρων ως προς τη μεταβολή της πλευρικής πίεσης που την προκάλεσε, ($B=\Delta_u/\Delta_{\sigma_3}$).

Για τα κορεσμένα δοκίμια η τιμή της είναι ίση με τη μονάδα, Β=1.

Ο κορεσμός επιτυγχάνεται με τη παρακάτω μέθοδο:

Έχοντας τις βαλβίδες αποστραγγίσεως κλειστές ανεβάζουμε τη πλευρική πίεση και την αντι-πίεση πόρων (back pressure) με διαδοχικά βήματα έως ότου επιτύχουμε Β=1. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας το δοκίμιο βρίσκεται συνεχώς σε σύνδεση με τη συσκευή μέτρησης πίεσης πόρων. Σε κάθε βήμα αυξάνεται πρώτα η πλευρική πίεση και κατόπιν μετράται η μεταβολή της πίεσης πόρων που προκλήθηκε και συνεπώς η παράμετρος Β. Μετά από κάθε μέτρηση της παραμέτρου Β ανεβάζουμε την αντιπίεση πόρων ώστε να επιτυγχάνεται η αρχική διαφορά τάσεως μεταξύ αυτής και της πλευρικής πίεσης.

Πίνακας 1. Μέτρηση της παραμέτρου πίεσης πόρων Β.

σ_3 (kpa)	u (kpa)	$\Delta\sigma_3$ (kpa)	Δu (kpa)	$B = \Delta u/\Delta\sigma_3$
20	0			
40	7	20	7	0,35
40	20			
60	28	20	8	0.40
60	40			
80	52	20	12	0.60
80	60			
1.00	76,4	20	16,4	0,82
1.00	80			
1.20	99,4	20	19,4	0,97
2.00	1,00		Στερεοποίηση	

Στον πίνακα (1) δίνονται όλες οι φάσεις των μετρήσεων της παραπάνω διαδικασίας για ένα παράδειγμα όπου η πίεση στερεοποιήσεως είναι $\sigma'_3 = 100$ KPa, με διαδοχικά βήματα πλευρικής τάσης $\Delta\sigma_3 = 20$ Kpa.

Για $B \simeq 0{,}97$ μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το δοκίμιο είναι κορεσμένο και να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο.

6.2.5. Μετά τον κορεσμό το δοκίμιο αφήνεται να στερεοποιηθεί με τη πίεση στερεοποιήσεως, (σ'_3), ανοίγοντας τις βαλβίδες αποστραγγίσεως. Η πίεση στερεοποιήσεως είναι ίση με τη διαφορά της πλευρικής πίεσης μείον την αντι-πίεση πόρων (back pressure).

Η ποσότητα του νερού που αποστραγγίζεται στη διάρκεια της στερεοποιήσεως μετράται στους ογκομετρικούς σωλήνες (μπιουρέτες). Το τέλος της στερεοποίησης γίνεται αντιληπτό είτε με τη διακοπή της ροής του νερού προς τους ογκομετρικούς σωλήνες είτε από τη σταθεροποίηση της πίεσης πόρων μετρουμένης στη συσκευή πίεσης πόρων με τη βαλβίδα αποστραγγίσεως κλειστή, (πρέπει να είναι ίση με την αρχική επιβλημένη αντι-πίεση πόρων).

Το έμβολο φέρεται ξανά σε επαφή με το κάλυμμα η δε απόσταση που θα διανύσει είναι η μεταβολή του μήκους του δοκιμίου που οφείλεται στη στερεοποίηση.

6.2.6. Κλείνονται οι βαλβίδες αποστραγγίσεως και ελέγχονται προσεκτικά αν όλα είναι έτοιμα για τη δοκιμή. Καταγράφονται η αρχική μέτρηση του μηκυνσιομέτρου, του δακτυλίου φορτίσεως και της πίεσης πόρων.

Παίρνονται οι ενδείξεις, κατά τη διάρκεια της θλίψεως, του μηκυνσιομέτρου, του δακτυλίου φορτίσεως, της πίεσης πόρων και του χρονομέτρου. Ενδείξεις πρέπει να παίρνονται για τις παραμορφώσεις 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5%, για ολική παραμόρφωση μέχρι 0,5%, έπειτα ανά 0,5% μέχρι να επιτευχθεί ολική παραμόρφωση 3% και τελικά ανά 1% μέχρι το τέλος της δοκιμής.

Κατά την διάρκεια της δοκιμής η πίεση στο θάλαμο πρέπει να διατηρείται σταθερή. Οι ενδείξεις του χρόνου λαμβάνονται κάθε τρίτη ή τέταρτη ένδειξη. Όταν υπερβεί το σημείο καμπής οι ενδείξεις λαμβάνονται αραιότερα.

Συνεχίζεται η δοκιμή μέχρις ότου η θλιπτική δύναμη που εφαρμόζεται, παραμένει σταθερή για μερικές ενδείξεις, (η πίεση των πόρων παραμένει επίσης σταθερή), ή μέχρις ότου το δοκίμιο έχει παραμορφωθεί περίπου (20%).

6.2.7. Ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται στην παράγραφο 6.1.6.

6.3. Δοκιμές με στερεοποίηση και αποστράγγιση (CD) σε κορεσμένα δοκίμια

Οι δοκιμές αυτές χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των ενεργών τάσεων και των ενεργών παραμέτρων στη θραύση (c' και φ'). Κατά τις δοκιμές αυτές η ταχύτητα φορτίσεως πρέπει να είναι βραδεία ώστε η πίεση του νερού των πόρων που αναπτύσσεται μέσα στο δοκίμιο να είναι αμελητέα. Λόγω της μεγάλης διάρκειας των δοκιμών προτιμούνται αντί αυτών οι δοκιμές με στερεοποίηση, χωρίς αποστράγγιση σε κορεσμένα δοκίμια (CUPP).

6.3.1. Για την προπαρασκευή, τοποθέτηση και κορεσμό των δοκιμίων ακολουθούνται οι διαδικασίες που αναπτύχθηκαν στις παραγράφους 6.2.1., 6.2.2., 6.2.3., 6.2.4. και 6.2.5.

6.3.2. Οι βαλβίδες αποστραγγίσεως παραμένουν ανοικτές και ελέγχονται προσεκτικά αν όλα είναι έτοιμα για τη δοκιμή. Καταγράφονται η αρχική μέτρηση του μηκυνσιομέτρου, του δακτυλίου φορτίσεως και του αρχικού όγκου μετρουμένου στον ογκομετρικό σωλήνα που είναι συνδεδεμένος με τη βάση του δοκιμίου.

Κατά την διάρκεια της θλίψεως παίρνονται ενδείξεις του μηκυνσιομέτρου, του δακτυλίου φορτίσεως, της μεταβολής του όγκου και του χρόνομετρου. Ενδείξεις παίρνονται για τις παραμορφώσεις 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5%, για ολική παραμόρφωση μέχρι 0,5%, έπειτα ανά 0,5% μέχρι να επιτευχθεί ολική παραμόρφωση 3%, μετά ανά 1% μέχρι τη παραμόρφωση 10% και τελικά ανά 2% μέχρι το τέλος της δοκιμής.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής η πίεση στο θάλαμο πρέπει να διατηρείται σταθερή. Οι ενδείξεις του χρόνου πρέπει να λαμβάνονται κάθε τρίτη ή τέταρτη ένδειξη. Συνεχίζεται η δοκιμή μέχρις ότου η θλιπτική δύναμη που εφαρμόζεται παραμένει σταθερή για μερικές ενδείξεις (ή ο όγκος του δοκιμίου παραμένει επίσης σταθερός) ή μέχρις ότου το δοκίμιο έχει παραμορφωθεί περίπου 20%.

6.3.3. Ακολουθείται η διαδικασία της παραγράφου 6.1.6. αφού προηγουμένως κλείσουμε τις βαλβίδες αποστραγγίσεως.

7. Πλευρική πίεση θαλάμου

7.1. Το μέγεθος της πιέσεως του θαλάμου, η οποία πρόκειται να εφαρμοστεί σε μια τριαξονική δοκιμή εξαρτάται από τον τύπο της δοκιμής, της φύσεως του εδάφους και από τις πληροφορίες που είναι επιθυμητό να εξαχθούν από τα αποτελέσματα.

Για να μετρηθεί η επί τόπου αντοχή του εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια από τις παρακάτω μεθόδους.

7.1.2. Δοκιμή (UU): πίεση θαλάμου ίση με την πίεση των υπερκειμένων εδαφών που εξασκούνται στο δείγμα του εδάφους επί τόπου.

7.1.3. Δοκιμή (CUPP) και (CD): οι τρεις δοκιμές να έχουν πίεση θαλάμου μικρότερη - ίση - μεγαλύτερη από τη δρώσα πίεση που εξασκείται στο δείγμα εδάφους επί τόπου.

8. Μέτρηση πιέσεως πόρων

8.1. Η μέτρηση της πιέσεως των πόρων είναι απαραίτητη στις τριαξονικές δοκιμές που δεν λαμβάνει χώρα αποστράγγιση του νερού των πόρων, για να γνωρίζουμε κατά την θραύση το μέγεθος των ενεργών τάσεων και έτσι να προσδιορίζουμε την πραγματική περιβάλλουσα της αντοχής, (δηλ. ως προς δρώσες τάσεις).

Η πίεση του νερού των πόρων (u) μετράται αποκλειστικά στην προστερεοποιημένη - χωρίς αποστράγγιση τριαξονική δοκιμή (CUPP) και σε ειδικές περιπτώσεις στην χωρίς προστερεοποίηση - χωρίς αποστράγγιση (UU) δοκιμή.

Για την μέτρηση της πιέσεως του νερού των πόρων συνδέεται η βαλβίδα πιέσεως πόρων του θαλάμου με τη βοήθεια σωλήνα με τη συσκευή μετρήσεως της πιέσεως.

Η μέτρηση της πιέσεως του νερού των πόρων γίνεται καλύτερα με την χρησιμοποίηση ηλεκτρικών κυψελών, (transducers). Στην περίπτωση αδυναμίας χρησιμοποιήσεως τέτοιων οργάνων η πίεση των πόρων μπορεί να γίνει με υδραργυρική στήλη ή με μανόμετρο μεγάλης ευαισθησίας.

Για την ακριβή μέτρηση της πιέσεως των πόρων είναι απαραίτητο οι πορόλιθοι της βάσεως και της κορυφής του δοκιμίου πριν από την έναρξη της δοκιμής να κορεσθούν με βρασμένο νερό, οι δε σωληνώσεις να είναι επίσης πληρωμένες με απαερωμένο νερό κατά τρόπο που να αποφεύγεται η παγίδευση φυσαλίδων αέρα κατά μήκος της διαδρομής.

9. Ταχύτητα διατμήσεως δοκιμίου

Η αντοχή σε ένα εδαφικό δείγμα γενικά αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας διατμήσεως, γι' αυτό η αντοχή πρέπει να λαμβάνεται σε σχέση με την ταχύτητα θραύσεως η οποία πρέπει καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής να διατηρείται σταθερή.

9.1. Για τις δοκιμές χωρίς στερεοποίηση και χωρίς αποστράγγιση που γίνονται χωρίς μέτρηση της πίεσης των πόρων προτείνεται: Όταν η θραύση γίνεται με έλεγχο των τάσεων η εφαρμογή του φορτίου να γίνεται σε κλάσματα ίσα με το 1/15 της αντοχής σε θλίψη κάθε 1 min.

Όταν η θραύση γίνεται με έλεγχο των παραμορφώσεων χρησιμοποιούνται ρυθμοί αξονικής παραμόρφωσης από 0,5% έως 1% ανά λεπτό. Η διάρκεια της δοκιμής είναι περίπου 15-20 min.

9.2. Για τις δοκιμές χωρίς αποστράγγιση με μέτρηση της πίεσης των πόρων η ταχύτητα παραμόρφωσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη πίεση σε όλο το δοκίμιο. Προτείνεται διάρκεια δοκιμής περίπου 4-6 ώρες δηλαδή ρυθμός παραμόρφωσης 0,05% ανά λεπτό.

9.3. Για τις δοκιμές με αποστράγγιση που ο ρυθμός φορτίσεως πρέπει να είναι αρκετά χαμηλός για να αποφεύγεται οποιαδήποτε ανάπτυξη πιέσεων του νερού, των πόρων, μία αξονική φόρτιση με ρυθμό παραμορφώσεως μικρότερο των 0,2% ανά ώρα είναι απαραίτητος για να αποφεύγεται η δημιουργία υπερπίεσης πόρων μέσα στο δοκίμιο. Επειδή ο συντελεστής στερεοποιήσεως του υλικού, μετράται κατά τη διάρκεια της στερεοποιήσεως, μπορούμε να υπολογίσουμε τον χρόνο (tf) που απαιτείται μέχρι τη θραύση από τη σχέση:

$$tf = \frac{20h^2}{mCv}$$

όπου:

$2h$ = το ύψος του δοκιμίου

Cv = συντελεστής στερεοποίησης του υλικού

m = συντελετής που εξαρτάται από τις συνθήκες αποστράγγισης (λαμβάνεται συνήθως m=0,75 όταν η αποστράγγιση γίνεται μόνο από την βάση του δοκιμίου και m=3 όταν η αποστράγγιση γίνεται από την βάση και την κεφαλή).

Ο συντελεστής στερεοποιήσεως Cv βρίσκεται με την βοήθεια του χρόνου στερεοποιήσεως t_{100}, σε συνάρτηση των συνθηκών αποστραγγίσεως, από τον πίνακα 2. Ο δε χρόνος t_{100}, βρίσκεται από τη καμπύλη (ΔV, $\sqrt{t}$) κατά τη διάρκεια της στερεοποιήσεως, όπου ΔV η μεταβολή του όγκου κατά τη στερεοποίηση, (σχήμα 1).

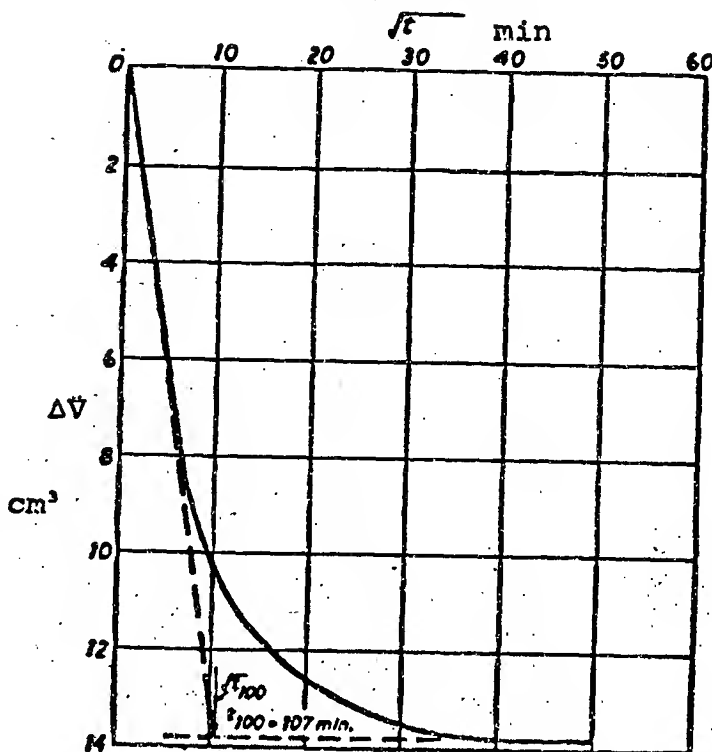
Για την εκλογή μιας καταλλήλου ταχύτητας παραμορφώσεως, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία υπερπίεσης πόρων μέσα στο δοκίμιο, θα πρέπει να γνωρίζουμε, εκτός από τον χρόνο που απαιτείται μέχρι την θραύση (tf), και την ανηγμένη παραμόρφωση (εf) αντίστοιχα. Η ανηγμένη παραμόρφωση στη θραύση (εf) εξαρτάται από το είδος του συνεκτικού εδαφικού δοκιμίου καθώς και την ιστορία προφορτίσεως.

Από την υπάρχουσα εμπειρία, για τις κανονικά στερεοποιημένες αργίλους, δίδεται ενδεικτικά ότι η παραμόρφωση αυτή είναι της τάξεως του 20%.

Οι μετρήσεις των ενδείξεων της πιέσεως των πόρων παίρνονται ταυτόχρονα με τις ενδείξεις του φορτίου της θλίψεως και για τα ίδια διαστήματα υποχωρήσεων.

Σχήμα 1

Σχέση μεταβολής του όγκου — $\sqrt{t}$ κατά τη διάρκεια στερεοποιήσεως σε πλευρική ομοιόμορφη τάση σ_3.



Πίνακας 2

Συνθήκες στραγγίσεως	t_{100}	t_{100} (h=2R)
Στράγγιση από το ένα άκρο μόνο	$\frac{\pi h^2}{c_v}$	
Στράγγιση από τα δύο άκρα	$\frac{\pi h^2}{4c_v}$	
Στράγγιση από περιφερειακή επιφάνεια	$\frac{\pi R^2}{16c_v}$	$\frac{\pi h^2}{64c_v}$
Στράγγιση από τα δύο άκρα και την περιφερειακή επιφάνεια	$\frac{\pi h^2}{4c_v}\left[\frac{1}{(1+2h/R)^2}\right]$	$\frac{\pi h^2}{100c_v}$
όπου 2h = ύψος του δοκιμίου και R = ακτίνα του δοκιμίου		

10. Υπολογισμοί

10.1. Η αξονική παραμόρφωση, (ε), σε οποιοδήποτε χρόνο, βρίσκεται από την σχέση

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{Lo}$$

όπου:
Lo = Αρχικό ύψος (ή μήκος) του δοκιμίου.
ΔL = Μεταβολή του ύψους του δοκιμίου, όπως διαβάζεται από το αντίστοιχο μηκυνσιόμετρο.

10.2. Η κύρια διαφορική τάση $\sigma_1 - \sigma_3$ ισούται με τη διαφορά της μεγίστης κι ελαχίστης κυρίας τάσεως όπου οι κύριες τάσεις μπορεί να είναι είτε οι ολικές σ_1, σ_3, είτε οι δρώσες σ'_1, σ'_3

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma'_1 - \sigma'_3 = \frac{P}{A}$$

όπου:
P = Το φορτίο που εξασκείται αξονικά
A = Η ανηγμένη διατομή του δοκιμίου για το αντίστοιχο αξονικό φορτίο.

10.3. Η ανηγμένη διατομή του δοκιμίου για ένα δεδομένο φορτίο δίνεται από τη σχέση:

$$A = \frac{Ao}{1 - \varepsilon}$$

όπου:
Ao = Αρχική διατομή του δοκιμίου
ε = Αξονική παραμόρφωση για το δεδομένο αξονικό φορτίο.

10.3.1. Για μια δοκιμή με προστερεοποίηση η ανοιγμένη διατομή του δοκιμίου δίνεται πάλι από την σχέση:

$$A = \frac{Ao}{1 - \varepsilon}$$

όπου:
Ao = Διατομή του δοκιμίου μετά την αρχική στερεοποίηση η οποία υπολογίζεται από την σχέση:

$$Ao = \frac{Vo - \Delta V}{Lo - \Delta L}$$

όπου:
Vo = Αρχικός όγκος του δοκιμίου.
ΔV = Η μεταβολή του όγκου κατά τη διάρκεια της στερεοποιήσεως (όγκος του αποστραγγιζόμενου νερού κατά την διάρκεια της προσυμπιέσεως για κεκορεσμένο δοκίμιο).

ΔL = Μεταβολή του μήκους κατά την διάρκεια της στερεοποιήσεως.
Lo = Αρχικό μήκος δοκιμίου (αμέσως μετά την μόρφωση του δοκιμίου).

10.3.2. Για μια βραδεία δοκιμή με αποστράγγιση η ανηγμένη επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$A = \frac{Vo - \Delta V}{Lo - \Delta L}$$

10.4. Ο λόγος της μέγιστης δρώσας κύριας τάσεως προς την ελαχίστη δηλ. ο λόγος $\sigma_{1'}/\sigma_{3'}$ δεν μπορεί να υπολογισθεί από τα στοιχεία των δοκιμών UU.

10.4.1. Στη βραδεία δοκιμή που η πίεση του νερού των πόρων είναι ίση με μηδέν, ο λόγος $\sigma_{1'}/\sigma_{3'}$ μπορεί να υπολογισθεί από την εξίσωση:

$$\frac{\sigma_{1'}}{\sigma_{3'}} = \frac{\frac{P}{A} + \sigma_{3'}}{\sigma_{3'}} = \frac{\frac{P}{A} + \sigma_c}{\sigma_c}$$

όπου:
σ_c = πίεση θαλάμου.

10.4.2. Σε μία δοκιμή χωρίς αποστράγγιση με μέτρηση της πιέσεως του ύδατος των πόρων ο λόγος $\sigma_{1'}/\sigma_{3'}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$\sigma_{3'} = \sigma_3 - u = \sigma_c - u$$

όπου:
u = πίεση του ύδατος των πόρων

$$\sigma_{1'} = (\sigma_{1'} - \sigma_3) + \sigma_{3'} = \frac{P}{A} + \sigma_{3'}$$

10.4.3. Και για τις δύο δοκιμές με ή χωρίς αποστράγγιση στις οποίες μετράται η πίεση του νερού των πόρων, η γωνία B μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου, (στην πραγματικότητα επιπέδο των μέγιστων κυρίων τάσεων) και του επιπέδου θραύσεως, κατά την χρονική στιγμή του σχηματισμού του υπολογίζεται από τη σχέση:

$$B = 45^\circ + \frac{\Phi'}{2}$$

11. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

11.1. Διάγραμμα Τάσεων — Παραμορφώσεων

Τα αποτελέσματα μιας δοκιμής τριαξονικής θλίψεως μπορεί να παρασταθούν με μία καμπύλη τάσεων - παραμορφώσεων. Τα στοιχεία των δοκιμών συνήθως παριστάνονται σε διάγραμμα της $\sigma_1 - \sigma_3$ σε συνάρτηση της αξονικής παραμορφώσεως.

Επίσης η $(\sigma_{1'} - \sigma_{3'})$, η $\sigma_{1'}$, ή ο λόγος $\sigma_{1'}/\sigma_{2'}$ μαζί με τη μεταβολή του όγκου, μπορεί να παρασταθούν γραφικά σε συνάρτηση με την αξονική παραμόρφωση.

11.2. Κύκλοι Mohr

Υπολογίζεται η μέγιστη και ελαχίστη κύρια τάση κατά τη θραύση του δοκιμίου. Σ ένα διάγραμμα συντεταγμένων με τεταγμένη τις διατμητικές τάσεις και τετμημένη τις ορθές τάσεις, χαράσσεται κύκλος (του Mohr) με κέντρο επί της τετμημένης σε απόσταση $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ από την αρχή και ακτίνα ίση με $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ για τη δοκιμή UU ή CD.

Στην περίπτωση που μετρώνται και πιέσεις του νερού των πόρων η θέση του κέντρου του κύκλου είναι ίση με $(\sigma_{1'} + \sigma_{3'})/2$ και η ακτίνα του ίση με $(\sigma_{1'} - \sigma_{3'})/2$.

Για κάθε πλήρη σειρά δοκιμών τριαξονικής φορτίσεως πρέπει να θραύονται σε διαφορετικές πλευρικές πιέσεις, τρία τουλάχιστον δείγματα οπότε χαράσσονται και τρεις κύκλοι του Mohr. Η περιβάλλουσα της αντοχής προκύπτει τότε σαν η κατά την καλύτερη προσέγγιση εφαπτομένη των τριών κύκλων.

11.3. Σε μία τριαξονική δοκιμή πρέπει να προσδιορίζεται η υγρά πυκνότητα του εδάφους, η φυσική υγρασία, το ειδικό βάρος, ο βαθμός κορεσμού, καθώς και κάθε άλλο στοιχείο που θα κριθεί απαραίτητο για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Χαράσσεται η καμπύλη πιέσεως πόρων - παραμόρφωση, διάγραμμα P – q (stress-path),

$$\left(P = \frac{\sigma_{1'} + \sigma_{3'}}{2} \quad \text{και} \quad q = \frac{\sigma_{1'} - \sigma_{3'}}{2}\right),$$

πίνακες διαφόρων στοιχείων κλπ.

Βιβλιογραφία

1. ASTM D-2850 - 82
2. Εγχειρίδιο Εργαστηριακών δοκιμών του William Lambe.
3. "The measurement of soil properties in the triaxial test "Bishop-Henkel, 1962.
4. B.S. 1377: 1975 (5.6.).

16. ΔΟΚΙΜΗ ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

1. Γενικά

Στη δοκιμή της άμεσης διάτμησης το έδαφος οδηγείται σε θραύση με την επιβολή μετακινήσεως του ενός τμήματος του υποδοχέα που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο. Έτσι το έδαφος θραύεται κατά μια προδιαγραμμένη επίπεδη επιφάνεια που λέγεται και επιφάνεια διατμήσεως.

2. Ορισμός

2.1. Είναι η δοκιμή κατά την οποία μετριέται η μεταβολή της διατμητικής αντοχής του εδάφους με τη μεταβολή της ορθής τάσεως, που εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια διατμήσεως.

Η δοκιμή εφαρμόζεται σε συνεκτικά και μη συνεκτικά εδάφη.

Υπάρχουν τρεις (3) τύποι δοκιμών:

(α) Ταχεία δοκιμή μη στερεοποιημένου δοκιμίου.

(β) Ταχεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.

(γ) Βραδεία δοκιμή στερεοποιημένου δοκιμίου.

Οι τύποι της δοκιμής (α) και (β) εφαρμόζονται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου εξετάζεται η θραύση του εδάφους λόγω επιβολής φορτίου σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα έτσι ώστε να μην είναι δυνατόν να γίνει εκτόνωση της πιέσεως του νερού των πόρων που δημιουργείται λόγω της φορτίσεως, (στάδιο αμέσως μετά την κατασκευή). Ο τύπος της δοκιμής (γ) εφαρμόζεται σε γεωτεχνικά προβλήματα όπου το έδαφος οδηγείται σε θραύση αργά ώστε να είναι δυνατή η εκτόνωση της πιέσεως του νερού των πόρων, (στάδιο λειτουργίας).

2.2. Από τους τρεις τύπους των δοκιμών της άμεσης διάτμησης, ο πιο αντιπροσωπευτικός τύπος είναι η βραδεία δοκιμή σε στερεοποιημένα δοκίμια, γι' αυτό και η εκτέλεση της δοκιμής αυτής συνιστάται, σε σύγκριση με τους άλλους δύο τύπους που πρέπει να αποφεύγονται.

3. Εργαστηριακός εξοπλισμός

3.1. Ειδικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.1.1. Συσκευές διατμήσεως

Υπάρχουν διάφορες συσκευές διατμήσεως όπου η διάτμηση του εδαφικού υλικού επιβάλλεται κατά μία ή δύο επίπεδες επιφάνειες τετραγωνικού ή κυλινδρικού δοκιμίου.

Στον συνήθη τύπο ο υποδοχέας του δοκιμίου αποτελείται από δύο δακτυλίους. Το δοκίμιο κρατείται μέσα σ' αυτούς τους δακτυλίους και μεταξύ δύο πορολίθων με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλείεται στρέψη του δοκιμίου. Η συσκευή διατμήσεως θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή ορθής και διατμητικής τάσεως, κάθετης και παράλληλης προς το επίπεδο διατμήσεως αντίστοιχα. Κατά τη δοκιμή είναι δυνατό να μετρούνται εκτός από τις εφαρμοζόμενες τάσεις και η μεταβολή του πάχους του δοκιμίου και η διατμητική παραμόρφωση με ειδικά μηκυνσιόμετρα. Το πλαίσιο που κρατά το δοκίμιο θα πρέπει να είναι αρκετά άκαμπτο, έτσι ώστε να αποφεύγεται στρέβλωση του δοκιμίου.

3.1.2. Σύστημα Εφαρμογής του Φορτίου

(α) Φορτίο κάθετο προς την επιφάνεια διατμήσεως, (επιβολή ορθής τάσεως).

(β) Φορτίο παράλληλο προς την επιφάνεια διατμήσεως, (επιβολή διατμητικής τάσεως).

Το σύστημα επιβολής της ορθής τάσης θα πρέπει να είναι ικανό να διατηρεί σταθερή τάση σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής με ακρίβεια $\pm 1\%$.

Οι δυνατότητες του μηχανισμού επιβολής του φορτίου παράλληλα προς το επίπεδο διατμήσεως εξαρτώνται από το αν η δοκιμή γίνεται με ελεγχόμενη επιβολή φορτίου ή με ελεγχόμενη επιβολή παραμορφώσεως. Συνήθως επιβάλλεται διατμητική παραμόρφωση με σταθερή ταχύτητα με ανεκτή απόκλιση της τάξεως των $\pm 10\%$. Η διατμητική παραμόρφωση επιβάλλεται κατά προτίμηση με ηλεκτροκίνητο τρόπο και το αντίστοιχο φορτίο μετράται με ειδικά προσαρμοσμένο δακτύλιο.

3.1.3. Πορόλιθοι

Οι πορόλιθοι θα πρέπει να αποτελούνται από υλικά όπως καρβίδια του πυριτίου, οξείδιο του αργιλίου ή μέταλλο που δεν διαβρώνεται από την υγρασία, ή ουσίες που μπορεί να βρίσκονται μέσα στο έδαφος.

Οι πορόλιθοι θα πρέπει να είναι αφενός μεν αρκετά τραχείς ώστε να εξασφαλίζουν τη συγκράτηση του δοκιμίου μέσα στο δακτύλιο και αφετέρου αρκετά λείοι, ώστε να αποφεύγεται η εισχώρηση του εδάφους μέσα στους πόρους.

3.1.4. Μετρητές Παραμορφώσεων (Μηκυνσιόμετρα)

Για τη μέτρηση της μεταβολής του πάχους του δοκιμίου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μηκυνσιόμετρα βαθμολογημένα σε διαστήματα 0,002 mm και για την μέτρηση των μετακινήσεως κατά τη διεύθυνση διατμήσεως μηκυνσιόμετρα βαθμολογημένα σε διαστήματα 0,02 mm.

3.1.5. Μορφωτής δοκιμίου με τα εξαρτήματά του

(α) Πλαίσιο μορφοποιήσεως.

(β) Συρμάτινο πριόνι.

(γ) Μαχαίρια.

3.1.6. Εξολκέας Δείγματος

Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των δειγμάτων από τον δειγματολήπτη. Η εξαγωγή του δείγματος θα πρέπει να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του δείγματος και με τη διεύθυνση εξολκεύσεως την ίδια με αυτή της δειγματοληψίας.

3.2. Γενικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.2.1. Κλίβανος Ξηράνσεως

Κλίβανος ξηράνσεως ελεγχόμενος με θερμοστάτη ικανός να διατηρήσει θερμοκρασία 110 ± 5 °C για την επί μέρους δοκιμή προσδιορισμού της φυσικής υγρασίας.

3.2.2. Ζυγοί ακριβείας 0,01 και 0,1 του γραμμαρίου

Δοκίμια μικρότερα από 100 γραμμάρια θα πρέπει να ζυγίζονται με ακρίβεια 0.01 του γραμμαρίου ενώ δοκίμια μεγαλύτερα από 100 γραμμάρια θα ζυγίζονται με ακρίβεια 0.1 του γραμμαρίου.

3.2.3. Συσκευές για την αναζύμωση ή συμπύκνωση του δοκιμίου

3.2.4. Διάφορες άλλες συσκευές γενικής χρήσεως

Μαχαίρια, σπάτουλες, κάψες για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας, έντυπα χαρτιά δοκιμής.

3.2.5. Υγρός θάλαμος διατηρήσεως των δοκιμίων

4. Προπαρασκευή δοκιμίων

4.1. Αν η δοκιμή γίνεται σε αδιατάρακτο δείγμα εδάφους το δείγμα αυτό θα πρέπει να είναι αρκετό για τον σχηματισμό 3 τουλάχιστον δοκιμίων με τις ίδιες ακριβώς διαστάσεις. Κατά τη διάρκεια της μορφώσεως του δοκιμίου θα πρέπει να εξασφαλίζεται μηδενική διατάραξη και μηδενική απώλεια της υγρασίας του εδάφους. Το δοκίμιο μορφώνεται στη διάμετρο του δακτυλίου της συσκευής άμεσης διατμήσεως και προσδιορίζεται η αρχική μάζα του δοκιμίου, η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας του εδάφους.

4.2. Αν η δοκιμή γίνεται σε δείγματα που έχουν αναζυμωθεί και επανασυμπυκνωθεί, τα δοκίμια θα πρέπει να συμπυκνωθούν στην επιθυμητή υγρασία και πυκνότητα. Η συμπύκνωση μπορεί να γίνει μέσα στον ίδιο το δακτύλιο άμεσης διατμήσεως, μέσα σε καλούπι ίδιων ή μεγαλυτέρων διαστάσεων. Στην τελευταία περίπτωση γίνεται η μόρφωση του δοκιμίου όπως στην περίπτωση 4.1.

4.3. Μια ελάχιστα επιθυμητή διάμετρος κυκλικού δοκιμίου ή πλάτος ορθογωνικής διατομής δοκιμίου είναι 50 mm περίπου.

4.4. Ελάχιστο πάχος δοκιμίου μπορεί να είναι 12,5 mm αλλά ποτέ λιγότερο από 6 φορές τη μέγιστη διάμετρο των κόκκων του υπό δοκιμή εδαφικού υλικού.

4.5. Ελάχιστος λόγος διαμέτρου προς πάχος του δοκιμίου 2:1.

Σημείωση 1: Η διάμετρος του αδιατάρακτου δοκιμίου πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 mm μικρότερη από την εσωτερική διάμετρο του δειγματολήπτη ώστε να ελαχιστοποιείται η διατάραξη που έχει γίνει κατά την δειγματοληψία.

5. Πορεία Δοκιμής

5.1. Συναρμολογείται η συσκευή διατμήσεως με τα πλαίσια ευθυγραμμισμένα και σταθερά. Γίνεται ελαφρό γρασσάρισμα στις επιφάνειες επαφής των πλαισίων ώστε να εξασφαλίζεται υδατοστεγανότητα, στην περίπτωση που γίνεται στερεοποίηση του δοκιμίου πριν από την κυρίως δοκιμή της διατμήσεως και επίσης για τη μείωση των τριβών κατά τη διάρκεια της διατμήσεως.

Το δοκίμιο τοποθετείται προσεκτικά και γίνεται η σύνδεση των μηχανισμών φορτίσεως. Τοποθετούνται τα μηκυνσιόμετρα για τη μέτρηση της διατμητικής παραμορφώσεως και της μεταβολής του πάχους του δοκιμίου. Προσδιορίζεται το αρχικό πάχος του δοκιμίου.

5.2. Ανάλογα με τον τύπο της δοκιμής, (α), (β) ή (γ) της παραγράφου 2, ακολουθείται και ο αντίστοιχος τρόπος φορτίσεως και θραύσεως του δοκιμίου.

5.2.1. Ταχεία δοκιμή χωρίς προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Σ' αυτό το τύπο της δοκιμής μετά την επιβολή της ορθής τάσεως αρχίζει αμέσως η διάτμηση χωρίς να προηγηθεί στερεοποίηση του δοκιμίου. Η ταχύτητα της επιβαλλομένης παραμορφώσεως θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η ολική διάρκεια της δοκιμής να μην ξεπερνά τα 15 με 20 λεπτά. Ο ρυθμός της επιβαλλομένης διατμητικής παραμορφώσεως θα είναι της τάξεως των 1/2 ως 2% της διαμέτρου του δοκιμίου ανά λεπτό, (min).

Η διάτμηση του δοκιμίου συνεχίζεται μέχρις ότου η διατμητική τάση αποκτήσει σταθερή τιμή για αυξανόμενη διατμητική παραμόρφωση ή μέχρις ότου η διατμητική παραμόρφωση φτάσει το 10% της αρχικής διαμέτρου του δοκιμίου.

5.2.2. Ταχεία δοκιμή με προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Σ' αυτό το τύπο της δοκιμής γίνεται προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου υπό πίεση ίση με την ορθή τάση που θα εφαρμόζεται στο δοκίμιο κατά τη διάτμηση. Αμέσως μετά την τοποθέτηση του δοκιμίου και την εφαρμογή μιας μικρής αρχικής ορθής πιέσεως γεμίζεται με νερό ο υποδοχέας γύρω από το δακτύλιο του δοκιμίου και η στάθμη του διατηρείται σταθερή σ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής ώστε το δοκίμιο να είναι πάντοτε κορεσμένο.

Η στερεοποίηση του δοκιμίου γίνεται είτε σε ένα στάδιο με την εφαρμογή της επιθυμητής ορθής τάσεως, είτε σε περισσότερα στάδια. όπου η φόρτιση γίνεται κατά βαθμίδες και η κάθε βαθμίδα πιέσεως παραμένει στο δοκίμιο μέχρι πλήρους στερεοποιήσεώς του υπό την πίεση αυτή. Το δοκίμιο θεωρείται στερεοποιημένο υπό πίεση «σ» όταν έχει ολοκληρωθεί η πρωτεύουσα στερεοποίησή του υπό την πίεση αυτή. Κατά την διάρκεια της στερεοποιήσεως του δοκιμίου μετράται η μεταβολή του ύψους του δοκιμίου σε συνάρτηση με τον χρόνο, (όπως περιγράφεται στην προδιαγραφή Ε105-86-13). Σχεδιάζεται η καμπύλη «παραμόρφωση - λογάριθμος χρόνου».

Μετά τη στερεοποίηση υπό την ορθή τάση γίνεται διάτμηση του δοκιμίου σύμφωνα με την παράγραφο 5.2.1.

5.2.3. Βραδεία δοκιμή με προηγούμενη στερεοποίηση του δοκιμίου

Μετά την στερεοποίηση του δοκιμίου υπό την επιθυμητή ορθή τάση, όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 5.2.2., γίνεται διάτμηση του δοκιμίου με βραδεία επιβολή της διατμητική παραμορφώσεως, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πλήρης αποτόνωση των πιέσεων των πόρων του νερού.

Για την εκλογή της κατάλληλης ταχύτητας, (ρυθμού), επιβολής του φορτίου ή της παραμορφώσεως εκτιμάται ο απαιτούμενος χρόνος θραύσεως από τη σχέση:

$$T = 50 \cdot t_{50}$$

όπου: t_{50} = ο απαιτούμενος χρόνος για 50% βαθμό στερεοποιήσεως του δοκιμίου, όπως προσδιορίστηκε στην παράγραφο 6.1.3. της προδιαγραφής Ε-105-86-13.

Ο ρυθμός της παραμορφώσεως προσδιορίζεται με προσέγγιση διαιρώντας την εκτιμώμενη διατμητική παραμόρφωση που αντιστοιχεί στη μέγιστη διατμητική τάση διά του χρόνου Τ. Η διάτμηση του δοκιμίου συνεχίζεται με το ρυθμό αυτό μέχρις ότου η διατμητική παραμόρφωση φτάσει το 10% της αρχικής διαμέτρου του δοκιμίου.

5.3. Μετά το τέλος της δοκιμής το δοκίμιο αφαιρείται από το δακτύλιο, ξηραίνεται και ζυγίζεται για τον προσδιορισμό του ξηρού βάρους.

6. Υπολογισμοί

Υπολογίζονται τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

6.1. Αρχική φυσική υγρασία.

6.2. Αρχικό ξηρό και υγρό φαινόμενο βάρος του εδαφικού υλικού.

6.3. Στοιχεία διατμητικής τάσεως και παραμορφώσεως.

6.4. Δείκτης πόρων (στις περιπτώσεις 5.2.2. και 3 πριν και μετά την στερεοποίηση).

6.5. Βαθμός κορεσμού (στις περιπτώσεις 5.2.2. και 3 πριν και μετά την στερεοποίηση).

7. Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων

Για τον προσδιορισμό της συνοχής (c) και της γωνίας εσωτερικής τριβής (φ) από δοκιμή Άμεσης Διατμήσεως απαιτούνται τουλάχιστον 3 δοκιμές. Από κάθε δοκιμή προκύπτει ένα ζεύγος τιμών τ, σ. (τ= μέγιστη διατμητική τάση, σ= εφαρμοζόμενη ορθή τάση κατά τη διάτμηση του δοκιμίου), οι οποίες παρουσιάζονται σ' ένα αντίστοιχο διάγραμμα.

Για κάθε δοκιμή διατμήσεως παρουσιάζονται οι καμπύλες: Διατμητική τάση - Διατμητική παραμόρφωση. Διατμητική τάση - μεταβολή πάχους του δοκιμίου.

Στο ειδικό έντυπο χαρτί της δοκιμής παρουσιάζονται επίσης τα παρακάτω στοιχεία:

— Τύπος δοκιμής.
— Είδος δείγματος.
— Βάθος λήψεως δείγματος.
— Διαστάσεις δοκιμίου, Αρχικό πάχος δοκιμίου.
— Σύσταση του εδαφικού Υλικού.
— Αρχική πυκνότητα, φυσική υγρασία και βαθμός κορεσμού.

8. Βιβλιογραφία

1. A.S.T.M. D-3080-79.

17. ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (Δοκιμή σταθερού ύψους)

1. Γενικά

Με τη δοκιμή αυτή γίνεται ο προσδιορισμός του συντελεστή υδροπερατότητας, για τη στρωτή ροή του νερού σε κοκκώδη εδάφη. Στόχος είναι, ο προσδιορισμός αντιπροσωπευτικών τιμών του συντελεστή υδροπερατότητας φυσικών εδαφικών αποθέσεων ή εδαφικών μαζών, που μπορεί να αποτελούν είτε το σώμα ενός επιχώματος, (π.χ. φράγματος), είτε τη στρώση βάσεως οδοστρώματος κλπ. Για να περιορισθεί η επίδραση του φαινομένου στερεοποιήσεως, κατά τη διάρκεια της δοκιμής, χρησιμοποιείται διαταραγμένο δείγμα που δεν περιέχει λεπτόκοκκα, (διερχόμενα από το κόσκινο Νο 200), σε ποσότητα μεγαλύτερη από 10%.

2. Θεμελιώδεις Συνθήκες Δοκιμής

2.1. Οι παρακάτω ιδανικές συνθήκες αποτελούν προϋποθέσεις για την επίτευξη στρωτής ροής νερού διά μέσου κοκκωδών εδαφών υπό σταθερό υδροδυναμικό ύψος:

2.1.1. Συνεχής ροή χωρίς μεταβολή του όγκου του εδάφους κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

2.1.2. Κατά τη διάρκεια της ροής οι πόροι του εδάφους είναι κορεσμένοι με νερό και δεν περιέχουν φυσαλίδες αέρα.
2.1.3. Ροή σταθερή με το χρόνο και με σταθερή υδραυλική κλίση.
2.1.4. Ευθεία αναλογία μεταξύ ταχύτητας ροής και υδραυλικής κλίσης που τηρείται κάτω από ένα όριο όπου αρχίζει τυρβώδης ροή.
2.2. Άλλα είδη ροής που περιλαμβάνουν μερικό κορεσμό των πόρων του εδάφους, τυρβώδη ροή και όχι σταθερές συνθήκες ροής, έχουν χαρακτηριστικά που είναι συνάρτηση του χρόνου. Επομένως στην περίπτωση αυτή απαιτούνται ειδικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του συντελεστή υδροπερατότητας που είναι συνάρτηση του χρόνου.

3. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.1. Ειδικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

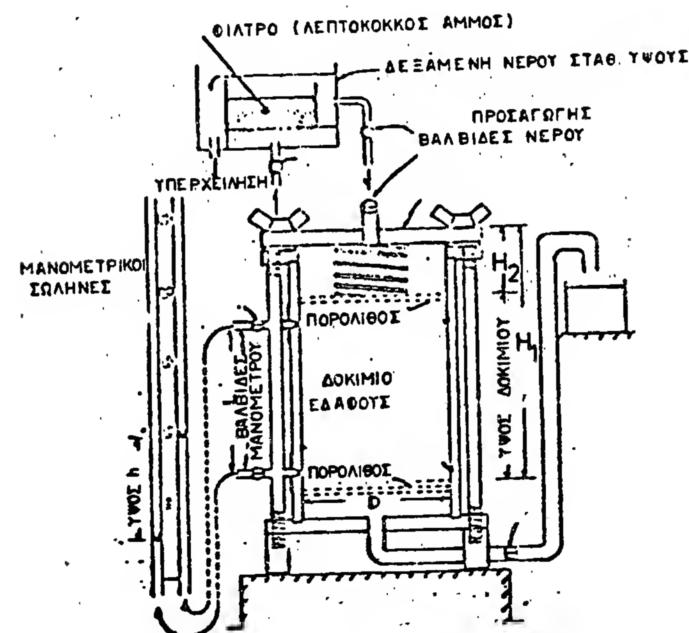
3.1.1. Συσκευή Μετρήσεως Υδροπερατότητας

Η συσκευή περιλαμβάνει κύλινδρο μέσα στον οποίο τοποθετείται το δοκίμιο. Η ελάχιστη διάμετρος του κυλίνδρου θα πρέπει να είναι 8 ως 12 φορές η μέγιστη διάμετρος του κόκκου που περιέχεται στο υπό εξέταση έδαφος.

Η συσκευή περιλαμβάνει επίσης:

(α) Δίσκους πορολίθων (ή σχάρες), που έχουν μεγαλύτερη υδροπερατότητα από αυτή που έχει το έδαφος, αλλά τα ανοίγματά τους είναι τέτοια, ώστε να μην επιτρέπουν την εισχώρηση κόκκων του εδαφους.
(β) Θέσεις για τη σύνδεση μανομέτρου, για τη μέτρηση πιέσεων σ' ένα μήκος τουλάχιστον ίσο προς την διάμετρο του δοκιμίου που χρησιμοποιείται.
(γ) Δίσκο με ελατήριο ή οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη συσκευή για την επιβολή μικρής πιέσεως, 22-45 Ν, πάνω στον πορόλιθο της επάνω επιφάνειας του δοκιμίου. Με τη μικρή αυτή πίεση διατηρείται η πυκνότητα του δοκιμίου στην αρχική της τιμή χωρίς σημαντική αλλαγή κατά τη διάρκεια κορεσμού του δοκιμίου ή κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ώστε να ικανοποιείται η προϋπόθεση 2.1.1.

3.1.2. Δεξαμενή νερού από την οποία τροφοδοτείται το δοκίμιο και μέσα στην οποία η στάθμη διατηρείται σταθερή. Με κατάλληλες προσαρμοσμένες βαλβίδες ελέγχου το δοκίμιο διατηρείται συνεχώς κορεσμένο, μετακινούνται δηλαδή οι φυσαλίδες του αέρα από το δοκίμιο προς τη δεξαμενή του νερού (σχήμα 1).



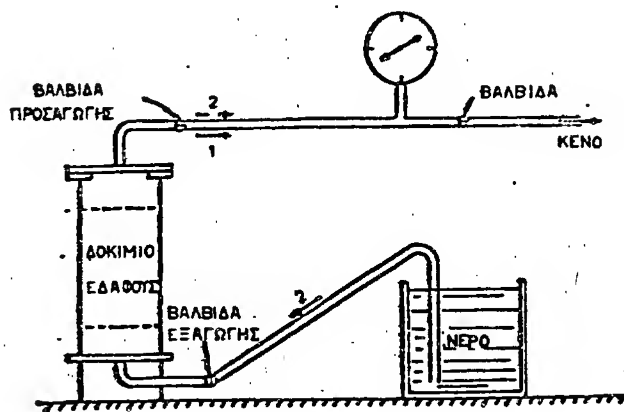
Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση δοκιμής υδροπερατότητας σταθερού ύψους.

3.1.3. Συσκευή για τη συμπύκνωση του δοκιμίου

Ανάλογα με τη σύσταση του εδαφικού υλικού γίνεται και η συμπύκνωσή του, πριν από τη δοκιμή υδροπερατότητας. Προκειμένου για χονδρόκοκκα εδάφη, άμμο ή αμμοχάλικα, η συμπύκνωση μπορεί να γίνει με δονητικές ή απλές ράβδους. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί απλή ράβδος σε συνδυασμό με πτώση μικρών βαρών που κυλούν πάνω στις ράβδους της τάξεως του 1Kg από ύψος 10 ή 20 εκατοστά, ανάλογα αν πρόκειται για άμμους ή αμμοχάλικα.

3.1.4. Διάταξη απαερισμού (εξαγωγή των φυσαλίδων αέρα από τους πόρους του δοκιμίου), και κορεσμού του δοκιμίου.

Συνιστάται η χρησιμοποίηση αντλίας κενού, σχήμα 2.



Σχήμα 2. Διάταξη απαερισμού και κορεσμού δοκιμίου.

3.1.5. Μανομετρικοί βαθμολογημένοι σωλήνες για τη μέτρηση της στήλης του νερού.

3.2. Γενικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

3.2.1. Παροχή απεσταγμένου νερού.
3.2.2. Παροχή κενού.
3.2.3. Ζυγός ακριβείας 0.1g.
3.2.4. Φούρνος ξηράνσεως 110 ± 5°C.
3.2.5. Θερμόμετρο ακριβείας 0.1°C.
3.2.6. Χρονόμετρο.
3.2.7. Χωνιά, πλαστικοί σωλήνες, σέσουλες, σφιγκτήρες, ξύλινα σφυριά, λεκάνες κλπ.

4. Δείγμα

4.1. Κρίνεται σκόπιμη η χρησιμοποίηση αντιπροσωπετικού δείγματος του υλικού που θα περιέχει ποσοστό λεπτοκόκκων (διερχομένων από το κόσκινο Νο 200) λιγότερο από 10%. Γίνεται ξήρανση του δείγματος και η ποσότητα που απαιτείται παίρνεται με τη μέθοδο του τετραμερισμού.
4.2. Γίνεται κοκκομετρική ανάλυση του υλικού. Το χονδρόκοκκο υλικό, (διάμετρος κόκκων μεγαλύτερη από 19 mm), δεν χρησιμοποιείται στην δοκιμή καταγράφεται όμως η ποσοστιαία αναλογία τέτοιου χονδρόκοκκου υλικού στο εξεταζόμενο δείγμα.

Σημείωση: Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι για τον προσδιορισμό του αντιπροσωπευτικού συντελεστή υδροπερατότητας θα πρέπει να γίνουν δοκιμές σε λεπτόκοκκο, μέσο και χονδρόκοκκο υλικό.

4.3. Από το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο ανοίγματος 19mm, παίρνεται δείγμα ίσο περίπου με το διπλάσιο του βάρους που απαιτείται για τη δοκιμή με τη μέθοδο του τετραμερισμού.

5. Προετοιμασία του δοκιμίου

5.1. Η διάμετρος του κυλίνδρου που συνιστάται να χρησιμοποιηθεί και έχει σχέση με την κοκκομετρική διαβάθμιση το υλικού, δίνεται στον πίνακα 1.
5.2. Μετρώνται και καταγράφονται η εσωτερική διάμετρος D του κυλίνδρου του διαπερατομέτρου και το μήκος L μεταξύ των

μανομετρικών απαγωγών. Οι δύο πορόλιθοι τοποθετούνται στον πυθμένα του κυλίνδρου και μετράται το ύψος H_1 από την άνω επιφάνεια του δίσκου μέχρι την άνω επιφάνεια του ανωτέρω πορόλιθου τοποθετημένου, σε πρώτη φάση, πάνω στον κατώτερο πορόλιθο. Υπολογίζεται η επιφάνεια Α του δοκιμίου.

5.3. Ζυγίζεται το υλικό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή, (W_1).

5.4. Το υλικό τοποθετείται μέσα στον κύλινδρο και συμπυκνώνεται κατά στρώσεις στην επιθυμητή σχετική πυκνότητα.

5.5. Το υλικό που περισσεύει ζυγίζεται, (W_2) και έτσι προκύπτει

Πίνακας Ι
Διάμετρος κυλίνδρου (δοκιμίου)

Μέγιστη Διάμετρος κόκκων	Ελάχιστη Διάμετρος Κυλίνδρου	
	Λιγώτερο από 35% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο:	Περισσότερο από 35% του υλικού συγκρατείται στο κόσκινο:
	2.00mm (No 10) 9.5mm	2.00mm (No 10) 9.5mm
Μεταξύ 2.00mm (No 10) και 9.5mm	76mm	114mm
Μεταξύ 9.5mm και 19.0mm	152mm	229mm

το βάρος του υλικού που χρησιμοποιήθηκε στη δοκιμή, ($W = W_1 - W_2$).

5.6. Τοποθετείται ο ανώτερος πορόλιθος πάνω στο δοκίμιο που συμπιέζεται και περιστρέφεται ελαφρά ώστε να εξασφαλισθεί πλήρης επαφή του με το εδαφικό δείγμα.

5.7. Μετράται τό ψος H_2 από την άνω επιφάνεια του δίσκου μέχρι την άνω επιφάνεια του ήδη τοποθετηθέντος ανωτέρω πορόλιθου. Το τελικό ύψος του δοκιμίου Η είναι ίσο με $H_1 - H_2$.

Από το γνωστό βάρος, W, και όγκο ($V = H \times A$) υπολογίζεται η πυκνότητα, (φαινόμενο βάρος) και ο δείκτης πόρων του δοκιμίου.

5.8. Ο δίσκος πιέζεται πάνω στο ελατήριο και σφηνώνεται στον κύλινδρο έτσι ώστε να εξασφαλίζεται αεροστεγής σύνδεση.

5.9. Χρησιμοποιώντας αντλία κενού ή κατάλληλο εισπνευστήρα γίνεται απαερισμός του δοκιμίου. Ακολουθεί κορεσμός του δοκιμίου από τα κάτω προς τα πάνω ενώ εξακολουθεί να εφαρμόζεται κενό. Για τον κορεσμό συνιστάται η χρησιμοποίηση απεσταγμένου νερού.

5.10. Αφού έχει επιτευχθεί πλήρης κορεσμός του δοκιμίου κλείνεται η κατώτερη βαλβίδα προσαγωγής του νερού και αποσυνδέεται η αντλία κενού.

Ανοίγεται βαθμιαία η βαλβίδα προσαγωγής νερού της δεξαμενής σταθερού ύψους. Αφού γεμίσει ο σωλήνας μέχρι τη βαλβίδα προσαγωγής προς το δοκίμιο, ανοίγεται βαθμιαία και η δεύτερη βαλβίδα του κυλίνδρου, ενώ συγχρόνως ανοίγονται οι βαλβίδες απαγωγής προς τους μανομετρικούς σωλήνες, που επιτρέπουν την εισροή του νερού και επομένως την εκτόπιση του αέρα. Κλείνεται η βαλβίδα προσαγωγής νερού προς το δοκίμιο και αφήνεται να σταθεροποιηθεί η στάθμη του νερού μέσα στους μανομετρικούς σωλήνες με μηδενικό υδροδυναμικό ύψος.

6. Πορεία της Δοκιμής

6.1. Ανοίγεται η βαλβίδα προσαγωγής νερού από τη δεξαμενή σταθερού ύψους. Αφού σταθεροποιηθεί το ύψος του νερού μέσα στους μανομετρικούς σωλήνες, παίρνονται μετρήσεις του χρόνου, t, του μανομετρικού ύψους h, (διαφορά στάθμης στους μανομετρικούς σωλήνες), την ποσότητα ροής Q και θερμοκρασίας του νερού, Τ.

6.2. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται αυξάνοντας το σταθερό, (υδροδυναμικό), ύψος κατά 0.5 cm, έτσι ώστε να προσδιορισθεί με ακρίβεια η περιοχή της στρωτής ροής όπου η ταχύτητα υ, ($\upsilon = Q/A \times t$), είναι ανάλογη της υδραυλικής κλίσεως i ($i = h/L$).

6.3. Μετά το τέλος της δοκιμής το δοκίμιο στραγγίζεται και εξετάζεται σε ποιό βαθμό ήταν ομοιογενές και ισότροπο. Τυχόν διαδοχικές άσπρες και σκορόχρωμες ραβδώσεις είναι ένδειξη συγκεντρώσεως λεπτοκόκκου υλικού.

7. Υπολογισμοί

Ο συντελεστής υδροπερατότητας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$k = Q \cdot L/A \cdot t \cdot h$$

όπου:
k = Συντελεστής Υδροπερατότητας (cm/sec)
Q = Ποσότητα ροής του νερού (cm^3)
L = απόσταση μεταξύ των μανομέτρων (cm)
A = επιφάνεια διατομής του δοκιμίου (cm^2)
t = ολικός χρόνος ροής (sec)
h = Διαφορά ύψους στα μανόμετρα (cm)

Διόρθωση του συντελεστή, (k), με αναφορά θερμοκρασία νερού 20°C, γίνεται πολλαπλασιάζοντας τον συντελεστή (k) που έχει προσδιορισθεί, με το λόγο του ιξώδους νερού, υπό τη θερμοκρασία της δοκιμής, ως προς το ιξώδες του νερού σε 20°C.

8. Παρουσίαση των Αποτελεσμάτων

8.1. Κοκκομετρική διαβάθμιση του εδαφικού υλικού με ένδειξη της ποσοστιαίας περιεκτικότητας σε χονδρόκοκκα που δεν χρησιμοποιήθηκαν στη δοκιμή.

8.2. Δείκτης πόρων, ξηρό φαινόμενο βάρος του δοκιμίου.

8.3. Παρατηρήσεις και σχόλια σχετικά με τις συνθήκες της δοκιμής.

9. Βιβλιογραφία

1. Earth Manual
2. William Lambe

18. ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ
(Δοκιμή μεταβαλόμενου ύψους)

1. Γενικά

Με τη δοκιμή αυτή γίνεται ο προσδιορισμός του συντελεστή υδροπερατότητας του εδάφους, χρησιμοποιώντας τη συσκευή υδροπερατόμετρου μεταβαλομένου ύψους, όπου μετράται η παροχή του νερού Q και η υδραυλική κλίση, i. Το υδροδυναμικό ύψος του νερού μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Η δοκιμή αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της υδροπερατότητας αργιλικών ή ιλυωδών εδαφών και λεπτοκόκκων άμμων με υδροπερατότητες που κυμαίνονται μεταξύ 10^{-2} ως 10^{-8} cm/sec.

2. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

2.1. Ειδικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

2.1.1. Συσκευή μετρήσεως Υδροπερατότητας

(α) Η συσκευή περιλαμβάνει κύλινδρο μέσα στον οποίο τοποθετείται το δοκίμιο του εδάφους. Οι πιο συνήθεις διαστάσεις του κυλίνδρου είναι:
Διάμετρος = 10cm, Ύψος = 10cm
Διάμετρος = 7.5cm, Ύψος = 10cm
Διάμετρος = 7.5cm, Ύψος = 7.5cm

(β) Δίσκοι πορολίθων ή σχαρών που τοποθετούνται στη βάση και στην άνω επιφάνεια του δοκιμίου. Η διάμετρος των βροχίδων στις σχάρες θα πρέπει να είναι ίση με την του κοσκίνου Νο 200.

(γ) Θάλαμος μέσα στον οποίο τοποθετείται ο κύλινδρος που περιέχει το δοκίμιο. Η βάση του θαλάμου είναι δίσκος από διάτρητο ανοξείδωτο μέταλλο και συνδέεται με τον άνω δίσκο του θαλάμου με κατακόρυφες ράβδους και κοχλίες.

(δ) Δοχείο που περιέχει απεσταγμένο νερό όπου διατηρείται ο κύλινδρος του δοκιμίου κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

(ε) Βαθμολογημένος κύλινδρος χωρητικότητας 50mL.

2.1.2. Διάταξη απαερισμού και κορεσμού του δοκιμίου. Συνιστάται η χρήση αντλίας κενού.

2.1.3. Μανομετρικοί σωλήνες με διαφορετικές διαμέτρους, βαθμολογημένοι με τρία σημεία τουλάχιστον.
2.1.4. Δεξαμενή νερού απ' όπου τροφοδοτείται το δοκίμιο.

2.2. Γενικός Εργαστηριακός Εξοπλισμός

2.2.1. Παροχή απεσταγμένου νερού.
2.2.2. Παροχή κενού.
2.2.3. Ζυγός ακριβείας.
2.2.4. Φούρνος ξηράνσεως.
2.2.5. Θερμόμετρο ακριβείας.
2.2.6. Χρονόμετρο.
2.2.7. Χωνιά, πλαστικοί σωλήνες, σέσουλες, σφιγκτήρες, μαχαίρια, ξύλινα σφυριά, κάψες, λεκάνες κλπ.

3. Προπαρασκευή του Δοκιμίου

(α) Αδιατάρακτο δείγμα συνεκτικού εδάφους

Από το αδιατάρακτο δείγμα μορφώνεται δοκίμιο τέτοιων διαστάσεων που να προσαρμόζεται ακριβώς στον κύλινδρο. Κατά τη μόρφωση του δοκιμίου καταβάλλεται προσπάθεια να μη διαταραχθεί το δείγμα. Το δοκίμιο τοποθετείται μέσα στο κύλινδρο, αποκόπτεται το άνω τμήμα του με κοφτερό μαχαίρι έτσι ώστε το δοκίμιο να είναι επίπεδο.

(β) Διαταραγμένο δείγμα συνεκτικού εδάφους

Αρχικά το δείγμα συμπυκνώνεται στην απαιτούμενη πυκνότητα. Η συμπύκνωση γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο Proctor, (πρότυπη ή τροποποιημένη) και μετά το δοκίμιο μορφώνεται κατά τον ίδιο τρόπο όπως το αδιατάρακτο δείγμα.

(γ) Δείγματα μη συνεκτικού εδάφους

Δοκίμια μη συνεκτικών εδαφών, που υποβάλλονται σε δοκιμή υδροπερατότητας μεταβλητού ύψους είναι κυρίως ιλύες και λεπτόκοκκοι άμμοι. Ο κύλινδρος που χρησιμοποιείται στη δοκιμή είναι συνήθως αυτός της πρότυπης δοκιμής Proctor. Εάν τα χαρακτηριστικά συμπυκνώσεως του υλικού είναι γνωστά το δείγμα μπορεί να συμπυκνωθεί στην απαιτούμενη πυκνότητα Proctor. Εναλλακτικά μπορεί να μετρηθεί η ποσότητα του ξηρού δείγματος που απαιτείται για την πλήρωση του κυλίνδρου, ώστε να επιτευχθεί μια συγκεκριμμένη πυκνότητα. Στη συνέχεια το υλικό συμπυκνώνεται στον κύλινδρο.

Για την ελάχιστη πυκνότητα το υλικό αδειάζεται με χωνί μέσα στον κύλινδρο. Για τη μέγιστη πυκνότητα απαιτείται δόνηση του κυλίνδρου με το υλικό που περιέχει.

4. Πορεία της Δοκιμής

4.1. Στην περίπτωση συνεκτικού εδάφους, μικρά τμήματα του δείγματος χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της φυσικής υγρασίας πριν από τη δοκιμή και του ξηρού φαινομένου βάρους στην αρχή της δοκιμής.

Η ξηρά πυκνότητα μη συνεκτικού εδάφους προσδιορίζεται στο τέλος της δοκιμής με ξήρανση και ζύγιση του δοκιμίου.

4.2. Αφού το δοκίμιο τοποθετηθεί μέσα στον κύλινδρο, με τους δίσκους πορολίθων ή σχαρών στην άνω και κάτω επιφάνειά του, ο κύλινδρος τοποθετείται μέσα στο θάλαμο, όπου συναρμολογείται.

Ο θάλαμος τοποθετείται μέσα στο δοχείο 2.1.1. (δ), που γεμίζεται αργά, με απεσταγμένο νερό ενώ συγχρόνως ο άνω δίσκος του θαλάμου συνδέεται, μέσω πλαστικού σωλήνα, (ένα τμήμα του οποίου είναι διαφανές), με μικρό κενό, περίπου 7 έως 10KPa. Με τον τρόπο αυτό γίνεται ο κορεσμός του δοκιμίου με απεσταγμένο νερό. Το κενό εφαρμόζεται μέχρις ότου σταματήσουν να φαίνονται φυσαλίδες αέρα μέσα στο σωλήνα που συνδέεται με το κενό. Εφαρμογή μεγάλου κενού θα πρέπει να αποφεύγεται, επειδή προκαλεί διατάραξη του υλικού.

4.3. Το κορεσμένο δοκίμιο συνδέεται, μέσω πλαστικού σωλήνα γεμάτου με απεσταγμένο νερό, με ένα από τους μανομετρικούς σωλήνες που είναι επίσης γεμάτος με απεσταγμένο νερό μέχρι την ανώτερη βαθμολόγησή του. Με τη ροή του νερό από τον μανομετρικό σωλήνα προς το δοκίμιο η στάθμη πέφτει από το ύψος H_1 στο ύψος H_2. Ο μανομετρικός σωλήνας ξαναγεμίζεται ως τη στάθμη H_1 και η δοκιμή επαναλαμβάνεται για ακόμα 2 ή 3 φορές. Σε κάθε δοκιμή μετράται ο χρόνος που απαιτείται για την πτώση της στάθμης το νερού από το ύψος H_1 στο H_2.

5. Υπολογισμοί

Τα στοιχεία που μετρούνται και καταγράφονται κατά τη δοκιμή είναι:

L = μήκος του δοκιμίου, cm
A = διατομή του δοκιμίου, cm^2
a = διατομή του μανομετρικού σωλήνα, cm^2
H_1 = αρχική στάθμη του νερού στο μανομετρικό σωλήνα, (στο χρόνο t_1)
H_2 = στάθμη του νερού στο μανομετρικό σωλήνα στο τέλος μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου (στο χρόνο t_2)
t_1 = χρόνος ενάρξεως της δοκιμής, sec
t_2 = χρόνος που αντιστοιχεί στη στάθμη H_2, sec.

Ο συντελεστής υδροπερατότητας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K = \frac{2{,}3026 \cdot a \cdot L}{A \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \log_{10}\frac{H_1}{H_2} \quad \text{cm/sec}$$

όπου: 2,3026 = συντελεστής μετασχηματισμού του $\log_e$ σε $\log_{10}$.

6. Βιβλιογραφία

1. Earth Manual
2. William Lambe

19. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΕΩΣ (ΟΙΔΗΜΕΤΡΟ)

1. Ο συντελεστής υδροπερατότητας μπορεί να υπολογισθεί με τη σχέση (6) που δίνεται στη δοκιμή στερεοποιήσεως, (Προδιαγραφή Ε105 - 86 - 13).

2. Υπολογισμός του συντελεστή Υδροπερατότητας μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τη συσκευή και διάταξη της δοκιμής στερεοποιήσεως ακολουθώντας βασικά τον ίδιο τρόπο που περιγράφεται στις Προδιαγραφές Ε105 - 86 - 17 και 18.

Ο κορεσμός του δοκιμίου στη συσκευή στερεοποιήσεως, επιτυγχάνεται με την εφαρμογή πιέσεως, η οποία εφαρμόζεται στο δοκίμιο μέχρις ότου ολοκληρωθεί η πρωτεύουσα στερεοποίηση.

2.1. Μέθοδος Μεταβλητού Ύψους

Στη συσκευή στερεοποιήσεως προσαρμόζεται μανομετρικός σωλήνας γνωστής διαμέτρου, ο οποίος συνδέεται με τον κάτω πορόλιθο. Στο τέλος της βαθμίδας φορτίσεως, ο σωλήνας γεμίζεται με απεσταγμένο νερό και έτσι προκαλείται ροή από τον σωλήνα προς το δοκίμιο. Μετράται το ύψος του νερού h_0, στο χρόνο $t=0$ και το ύψος h_f στο χρόνο t_f = ολικός χρόνος της δοκιμής.

Οι υπολογισμοί του συντελεστή της υδροπερατότητας γίνονται με τον τρόπο που περιγράφεται στη δοκιμή υδροπερατότητας μεταβλητού ύψους, (Προδιαγραφή Ε105 - 86 - 18).

2.2. Μέθοδος Σταθερού Ύψους

Στην περίπτωση αυτή ο σωλήνας γεμίζεται με απεσταγμένο νερό και συνδέεται με δεξαμενή νερού, όπου η στάθμη διατηρείται σταθερή και το ύψος της σε σχέση με το δοκίμιο είναι γνωστό.

Επειδή η υδροπερατότητα αργιλικού δοκιμίου είναι πολύ μικρή κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή πρόσθετης πιέσεως στη δεξαμενή νερού, έτσι ώστε το υδροδυναμικό ύψος να είναι σχετικά μεγάλο και να μην απαιτείται υπερβολικά πολύς χρόνος για τη δοκιμή.

Οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με τον τρόπο πο περιγράφονται στη δοκιμή υδροπερατότητας σταθερού ύψους, (Προδιαγραφή Ε105 - 86 - 17).

3. Βιβλιογραφία

1. Earth Manual
2. William Lambe

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ
ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Ε 106–86

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ

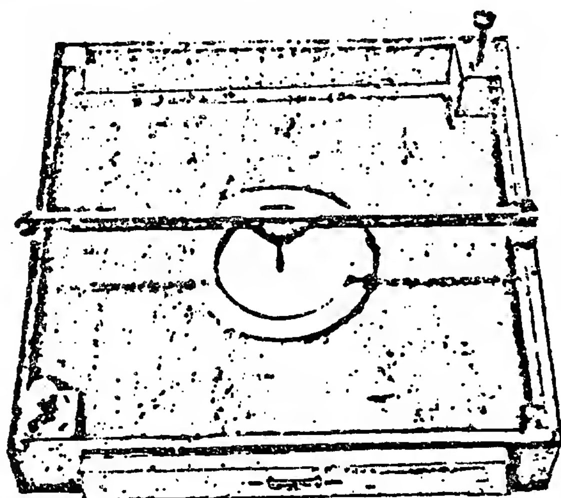
ΜΕΘΟΔΟΣ Α΄
ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΑΡΑΓΜΕΝΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

1. Σκοπός

1.1. Η Προδιαγραφή αυτή έχει σαν σκοπό να περιγράψει τη μέθοδο προσδιορισμού της πυκνότητας του εδάφους, σε φυσική κατάσταση ή ύστερα από συμπύκνωση σε επιχώματα, με την εύρεση του βάρους και του ποσοστού υγρασίας ενός διαταραγμένου δείγματος και τη μέτρηση του όγκου τον οποίο καταλάμβανε αυτό πριν από τη λήψη.

2. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

2.1. Εργαλεία δειγματοληψίας. Ελικοειδές τρυπάνι διαμέτρου 10,16cm ή 15,24cm ή άλλα κοπτικά εργαλεία κατάλληλα για τη διάνοιξη οπής επιθυμητού βάθους, για εδάφη που δεν περιέχουν χαλίκια. Για κοκκώδη εδάφη μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξίνα, σμίλη, κατσαβίδι ή άλλο εργαλείο ίδιου τύπου.



Σχ. 1. Δίσκος.

2.2. Δίσκος και ταψιά. Δίσκος όμοιος προς εκείνο του Σχ. 1. Ταψιά ή άλλα δοχεία καταλλήλων διαστάσεων και σχήματος για τη συλλογή, ζύγιση, ξήρανση των εδαφών. Μικρή βούρτσα, μυστρί, κουτάλα ή άλλα ανάλογα εργαλεία για τη λήψη δείγματος από οπή.

2.3. Ζυγοί. Ζυγός ικανότητας περίπου 15 Kg και ευαισθησίας 5g και άλλος ικανότητας 100g και ευαισθησίας 0,1g.

2.4. Ογκομετρικός κύλινδρος. Ένας ογκομετρικός κύλινδρος γνωστού όγκου, και χωρητικότητας όχι μικρότερης από 283.2 cm^2, ύψους ίσου περίπου προς τη διάμετρό του.

2.5. Συσκευή ξηράνσεως. Γκαζιέρα πετρελαίου ή άλλη κατάλληλη συσκευή για την ξήρανση δειγμάτων επί τόπου.

2.6. Άμμος ή Λάδι. Περίπου 9Kg ξηρής άμμου ή 7,5 L λιπαντικού λαδιού. Το ιξώδες του λαδιού πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να ρέει ελεύθερα με τη συνήθη ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Λάδι SAE 40 είναι συνήθως κατάλληλο. Η άμμος πρέπει να είναι καθαρή, ξηρή και ελεύθερης ροής. Άμμος που διέρχεται από το κόσκινο Νο 20 και που συγκρατείται στο κόσκινο Νο 30 είναι η πιο κατάλληλη.

3. Τρόπος εργασίας

3.1. Το φαινόμενο βάρος σε Kg/m^3 της ξηρής άμμου καθορίζεται με έκχυση της άμμου μέσα στο μετρητικό κύλινδρο με τη βοήθεια ενός χωνιού ή από ένα δοχείο το στόμιο του οποίου καταλήγει σε χωνί.

Ο μετρητικός κύλινδρος γεμίζεται με άμμο μέχρι που να υπερχειλίσει και αφαιρείται στη συνέχεια η ποσότητα που πλεονάζει με τη βοήθεια ευθύγραμμου κανόνα. Προσδιορίζεται το βάρος της ξηράς άμμου, στον μετρητικό κύλινδρο, υπολογίζεται και αναγράφεται το φαινόμενο βάρος. Το φαινόμενο βάρος του λαδιού, σε Kg/m^3, βρίσκεται με πλήρωση του μετρητικού κυλίνδρου με λάδι και στη συνέχεια ζύγισμα και υπολογισμό του φαινομένου βάρους.

Σε κάθε περίπτωση, το φαινόμενο βάρος που θα χρησιμοποιηθεί για τους υπολογισμούς, πρέπει να είναι ο μέσος όρος τριών τουλάχιστον προσδιορισμών.

Σημείωση: Ο προσδιορισμός του βάρους, ανά m^3, του λαδιού γίνεται με εργαστηριακό προσδιορισμό μάλλον, παρά με υπολογισμό από το ειδικό βάρος του. Γι' αυτό το λάδι πρέπει να χύνεται μέσα στο μετρητικό κύλινδρο με ταχύτητα περίπου ίση προς εκείνη που ακολουθείται για την πλήρωση της οπής εδάφους.

3.2. Όλο το χαλαρό έδαφος απομακρύνεται από μια αρκετά μεγάλη επιφάνεια, ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση του δίσκου και σχηματίζεται μια επίπεδη επιφάνεια για την τοποθέτηση του δίσκου.

3.3. Ανοίγεται οπή είτε με ελικοειδές τρυπάνι στην περίπτωση λεπτοκόκκων εδαφών είτε με εργαλεία χεριού σε χαλικώδη ή σε βραχώδη, σε όλο το βάθος του εδαφικού στρώματος που πρόκειται να εξετασθεί. Όλο το έδαφος που εξάγεται, καθώς και όλο το έδαφος που βρίσκεται πάνω στο δίσκο τοποθετείται σε ταψί. Όλα τα χαλαρά τεμάχια της οπής μεταφέρονται με κουτάλα ή άλλο κατάλληλο εργαλείο στο ταψί. Ιδιαίτερη φροντίδα λαμβάνεται, ώστε να μη χαθεί καμμιά ποσότητα εδάφους.

3.4. Όλο το έδαφος της οπής ζυγίζεται και σημειώνεται το βάρος.

3.5. Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα εδάφους για τον προσδιορισμό του ποσοστού υγρασίας.

3.6. Ζυγίζεται όγκος ξηρής άμμου ή λαδιού μεγαλύτερος από εκείνο που απαιτείται για την πλήρωση της οπής και σημειώνεται το βάρος.

Άμμος χρησιμοποιείται στα λεπτόκοκκα εδάφη, αργιλοαμμώδη ή άλλα μίγματα εδαφών, στα οποία μπορεί να διανοιχθεί οπή με λείες επιφάνειες. Λάδι χρησιμοποιείται στα χαλικώδη ή πετρώδη εδάφη, στα οποία τα κοκκώδη υλικά προεξέχουν της πλευρικής επιφάνειας της οπής. Στα πορώδη υλικά το λάδι πρέπει να χύνεται γρήγορα.

3.7. Όταν χρησιμοποιείται άμμος, αφαιρείται ο δίσκος και η άμμος χύνεται στην οπή με τον ίδιο τρόπο εργασίας που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του φαινομένου βάρους, έως ότου η οπή γεμίσει μέχρι την αρχική επιφάνεια του εδάφους. Όταν χρησιμοποιείται λάδι ο δίσκος παραμένει στη θέση του και το λάδι χύνεται μέχρι το σημείο που η επιφάνειά του συναντήσει το δείκτη της διαδοκίδας του Σχ. 1. Για τη ρύθμιση του ύψους της επιφάνειας του λαδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης η πιο κάτω μέθοδος. Μετά την επιπέδωση της επιφάνειας όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.2 τρία μεγάλα καρφιά με κεφαλές εμπήγονται στο έδαφος σε σημεία που να αποτελούν κορυφές ισοπλεύρου τριγώνου και κατά τρόπο ώστε οι κεφαλές να σχηματίζουν επίπεδο παράλληλο προς την επιφάνεια του εδάφους, χρησιμεύουν δε σαν σημεία αναφοράς.

Στις κεφαλές των καρφιών τοποθετείται δοκός που φέρει τρία σημεία αναφοράς και δείκτη που ρυθμίζεται, ώστε να συμπίπτει με την επιφάνεια του εδάφους κοντά στο κέντρο της οπής. Μετά αφαιρείται η δοκός αναφοράς, τοποθετείται ο δίσκος και ανοίγεται η οπή. Μετά την αφαίρεση του υλικού από την οπή αφαιρείται ο δίσκος επανατοποθετείται η δοκός αναφοράς και χύνεται το λάδι μέσα στην οπή μέχρι που η επιφάνειά του να συναντήσει το δείκτη.

Τα υπόλοιπα της άμμου ή του λαδιού ζυγίζονται και σημειώνεται το βάρος τους. Μετά το τέλος της δοκιμής ανακτάται όση

άμμος ή λάδι μπορεί να αφαιρεθεί από την οπή χωρίς ξένες προσμίξεις.

3.8. Υπολογίζεται και αναγράφεται το ποσοστό υγρασίας του δείγματος του εδάφους.

4. Υπολογισμοί

4.1. Το βάρος, ανά m^3, του ξηρού εδάφους επί τόπου στη φυσική του κατάσταση ή σε επιχώματα, υπολογίζεται ως εξής:

$$V = \frac{W1}{D2}$$

$$D1 = \frac{Ws}{V}$$

$$D = \frac{W1}{1 + \frac{W}{100}}$$

όπου: V = Όγκος οπής δοκιμής.
W1 = Βάρος άμμου ή λαδιού που χρειάζονται για τη πλήρωση της οπής.
D2 = Φαινόμενο βάρους άμμου ή ελαίου.
Ws = Βάρος υγρού εδάφους που πάρθηκε από την οπή.
D1 = Υγρό φαινόμενο βάρος, σε Kg/m^3
D = Ξηρό φαινόμενο βάρος, σε Kg/m^3
W = Ποσοστό υγρασίας, επί τοις εκατό %.

ΜΕΘΟΔΟΣ Β'
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

5. Σκοπός

5.1. Η προδιαγραφή αυτή έχει σκοπό να περιγράψει τη μέθοδο προσδιορισμού της πυκνότητας του εδάφους σε φυσική κατάσταση ή ύστερα από συμπύκνωση στα επιχώματα με μέτρηση του βάρους, του όγκου και του ποσοστού υγρασίας σε αδιατάρακτα δείγματα.

6. Εργαστηριακός Εξοπλισμός

6.1. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός αποτελείται από:

6.2. Εργαλεία δειγματοληψίας. Μυστρί, βαρειά , σπάτουλα, μαχαίρι, μικρή σκαπάνη κατάλληλη για λήψη δείγματος ή σωληνωτός δειγματολήπτης μελετημένος κατά τρόπο που να εξασφαλίζει αδιατάρακτο δείγμα.

6.3. Ζυγοί. Ζυγός ικανότητας περίπου 25 Kg και ευαισθησίας 5g και άλλος ικανότητας 100g και ευαισθησίας 0,1g.

6.4. Συσκευή ξηράνσεως. Γκαζιέρα πετρελαίου ή άλλη κατάλληλη συσκευή για την ξήρανση των δειγμάτων επί τόπου.

6.5. Υλικά επικαλύψεως. Παραφίνη και χύτρα κατάλληλη για την τήξη της παραφίνης και εμβάπτιση των δειγμάτων.

6.6. Συσκευή μετρήσεως όγκου. Συσκευή υπερχειλίσεως ίδια με εκείνη του Σχήματος 2.

6.7. Ογκομετρικός κύλινδρος. Γυάλινος ογκομετρικός κύλινδρος ικανότητας 500 cm^3.

7. Δείγμα

7.1. Λαμβάνεται δείγμα στο επιθυμητό μέγεθος από μια περιοχή που έχει αρχικά σημειωθεί με εκσκαφή του περιβάλλοντος εδάφους με τη βοήθεια κοφτερού εργαλείου, όπως μυστρί, σπάτουλα, μαχαίρι ή σκαπάνη μικρή. Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να λαμβάνεται κατά την εκσκαφή του γύρω από το δείγμα εδάφους, ώστε να μην επέλθει διαταραχή της δομής του δείγματος.

Το δείγμα πρέπει να έχει 10 cm έως 12,5 cm διάμετρο και ύψος τουλάχιστον ίσο με το διπλάσιο της διαμέτρου. Μπορούν επίσης να ληφθούν και πρισματικά δείγματα καταλλήλων διαστάσεων.

7.2. Αδιατάρακτα δείγματα μπορούν να ληφθούν με έμπηξη σωληνωτού. δειγματολήπτη μέσα στην εδαφική στρώση. Πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα, ώστε να αποφευχθεί κατά τη δειγματοληψία διαταραχή της δομής του δείγματος.

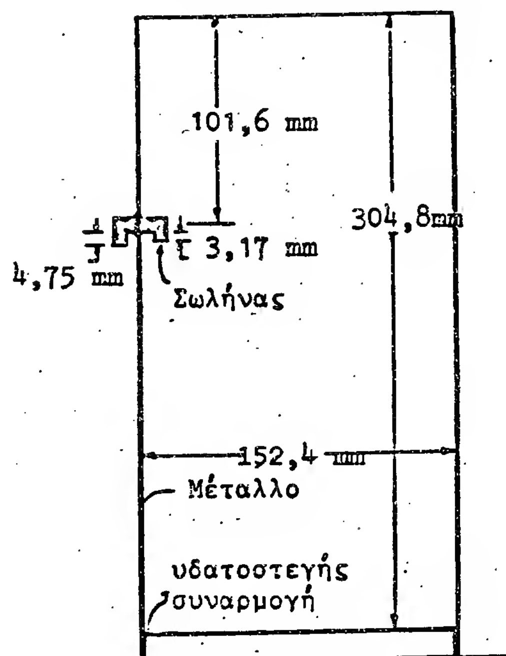
8. Τρόπος εργασίας

8.1. Αμέσως μετά τη λήψη του αδιατάρακτου δείγματος, λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα εδάφους από τα τοιχώματα της οπής και προσδιορίζεται το ποσοστό υγρασίας, (W%).

8.2. Απομακρύνονται από τα τοιχώματα του αδιατάρακτου δείγματος τα χαλαρά τεμάχια εδάφους και το δείγμα ζυγίζεται και σημειώνεται το βάρος.

8.3. Το αδιατάρακτο δείγμα εμβαπτίζεται μέσα σε λουτρό παραφίνης, στη συνέχεια εξάγεται, ψύχεται και ζυγίζεται. Το παραπάνω βάρος που απέκτησε το δείγμα, μετά την εμβάπτιση, αντιπροσωπεύει το βάρος της παραφίνης. Ο όγκος της παραφίνης επικαλύψεως υπολογίζεται με βάση την πυκνότητά της που είναι ίση προς 0,88 × 10^3 Kg/m^3.

8.4. Η συσκευή μετρήσεως του όγκου, (Σχ. 2), γεμίζεται με νερό



Σχ. 2. Συσκευή μετρήσεως του όγκου.

μέχρι να υπερχειλίσει. Αποστραγγίζεται το πλεονάζον νερό και εμβαπτίζεται το επικαλυμένο δείγμα. Ζυγίζεται ή μετράται ο όγκος του εκτοπιζόμενου νερού.

9. Υπολογισμοί

9.1. Το, ανά m^3, βάρος του ξηρού εδάφους, υπολογίζεται ως εξής:

$$Vp = \frac{Wps - Ws}{d}$$

$$Vs = Vps - Vp$$

$$D1 = \frac{Ws}{Vs}$$

$$D = \frac{D1}{1 + \frac{W}{100}}$$

όπου: d = πυκνότητα παραφίνης = 0,88 · 10^3 Kg/m^3.
Vp = όγκος παραφίνης σε m^3.
Vps = όγκος παραφίνης και δείγματος εδάφους σε m^3.
Vs = όγκος δείγματος εδάφους σε m^3.
Ws = βάρος δείγματος εδάφους σε Kg.
Wps = βάρος παραφίνης και εδάφους σε Kg.
D1 = υγρό φαινόμενο βάρος εδάφους Kg/m^3.
D = ξηρό φαινόμενο βάρος εδάφους Kg/m^3.
W = ποσοστό υγρασίας επί τοις %.

10. Βιβλιογραφία

10.1. A.A.S.H.T.O. T-147-54.

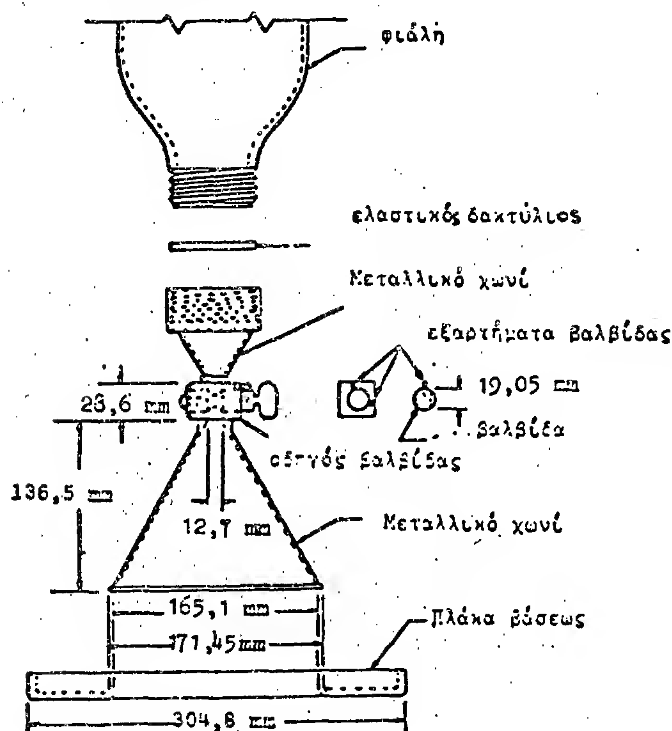
2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΜΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΚΩΝΟΥ

1. Σκοπός

Η προδιαγραφή αυτή έχει σαν σκοπό να περιγράψει τη μέθοδο προσδιορισμού της επί τόπου πυκνότητας των εδαφών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε εδάφη που περιέχουν κόκκους όχι μεγαλύτερους των 5,0 cm.

2. Εργαστηριακός εξοπλισμός

2.1. Συσκευή προσδιορισμού πυκνότητας. Η συσκευή προσδιορισμού πυκνότητας αποτελείται από μία φιάλη χωρητικότητας περίπου 4000 cm^3 και από ένα ιδιαίτερο εξάρτημα που αποτελείται από κυλινδρική βαλβίδα με οπή διαμέτρου 1,27 cm και έχει στο μεν ένα άκρο χωνί που καταλήγει σε κοχλιωτό περιλαίμιο, στο δε άλλο άκρο μεγάλο χωνί. Η βαλβίδα πρέπει να έχει τέρματα, ώστε να αποκλείεται η περιστροφή αυτής πέραν των θέσεων κατά τις οποίες είναι τελείως ανοικτή, είτε τελείως κλειστή. Η συσκευή θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις που περιγράφονται στο Σχ. 1, (Σημείωση 1).



Σχ. 1. Συσκευή προσδιορισμού πυκνότητας.

Σημείωση 1. Η συσκευή που περιγράφεται παριστάνει διάταξη, η οποία έχει αποδειχθεί σαν ικανοποιητική. Άλλες συσκευές παρομοίων αναλογιών θα δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, εφόσον τηρούνται οι βασικές αρχές του προσδιορισμού του όγκου με την άμμο. Η συσκευή αυτή είναι πλήρης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οπές δοκιμής που έχουν όγκο περίπου 2.850 cm^3.

Η πλάκα της βάσεως που παριστάνεται στο σχήμα, είναι προαιρετική. Η χρησιμοποίηση της πλάκας είναι πιθανό να καταστήσει την ισοπέδωση δυσκολότερη, αλλά παρέχει τη δυνατότητα διανοίξεως μεγαλυτέρων οπών δοκιμής και μπορεί να μειώσει την απώλεια εδάφους κατά τη μεταφορά του στο σάκκο, καθώς επίσης και να δημιουργήσει σταθερότερη βάση για δοκιμές σε μαλακά εδάφη. Όταν χρησιμοποιείται η πλάκα της βάσεως πρέπει να θεωρείται και αυτή σαν μέρος του χωνιού κατά τη διαδικασία της εκτελέσεως της δοκιμής αυτής.

2.2. Άμμος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε άμμος καθαρή, ξηρή που να ρέει εύκολα, χωρίς συνδετική ύλη και να έχει λίγους κόκκους, εάν υπάρχουν τέτοιοι, που να διέρχονται από το κόσκινο Νο 200 (74 μικρά) ή να συγκρατούνται στο κόσκινο Νο 10 (2000 μικρά). Για την εκλογή της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να γίνουν μερικοί προσδιορισμοί του φαινομένου βάρους της με τη χρησιμοποίηση του ίδιου αντιπροσωπευτικού δείγματος για τον προσδιορισμό. Για να γίνει αποδεκτή η άμμος δεν θα πρέπει να παρουσιάζει διαφορά στο φαινόμενο βάρος μεγαλύτερη του 1%.

2.3. Ζυγοί. Ζυγός ικανότητας 10 Kg και ακριβείας 1.0g και ζυγός ικανότητας 500 Kg και ακριβείας 0,1g.

2.4. Συσκευή ξηράνσεως. Κλίβανος ή φούρνος ή άλλη κατάλληλη συσκευή για την ξήρανση δειγμάτων προσδιορισμού της υγρασίας.

2.5. Διάφορα όργανα. Μικρή αξίνα, σμίλες ή κουτάλες για την εκσκαφή της οπής δοκιμής. Λεκάνη ξηράνσεως διαμέτρου 25 cm ή οποιοδήποτε κατάλληλο δοχείο για την ξήρανση δειγμάτων προσδιορισμού υγρασίας. Δοχεία από λευκοσίδηρο χωρίς ραφή με πώματα, σάκκοι ή άλλα κατάλληλα δοχεία για την τοποθέτηση των δειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της πυκνότητας και της υγρασίας των δειγμάτων ή για την τοποθέτηση της άμμου. Θερμόμετρο για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας του νερού. Μικρή βούρτσα από αυτές που χρησιμοποιούνται από τους βαφείς, σημειωματάριο κ.λπ.

3. Τρόπος εργασίας

3.1. Προσδιορίζεται ο όγκος της φιάλης και του προσαρτημένου εξαρτήματος, συμπεριλαμβανομένου και του όγκου της οπής της βαλβίδας με τον ακόλουθο τρόπο: (Σημείωση 2).
3.1.1. Ζυγίζεται η συναρμολογημένη συσκευή και καταγράφεται το βάρος της.
3.1.2. Τοποθετείται η συσκευή όρθια και ανοίγεται η βαλβίδα.
3.1.3. Γεμίζεται η συσκευή με νερό μέχρι το επάνω μέρος της βαλβίδας.
3.1.4. Κλείνεται η βαλβίδα και απομακρύνεται το επί πλέον νερό.
3.1.5. Ζυγίζεται η συσκευή με το νερό και προσδιορίζεται η θερμοκρασία του νερού.
3.1.6. Επαναλαμβάνεται η διαδικασία των παραγρ. 3.1.1 έως 3.1.5 τουλάχιστο δύο φορές.

Σημείωση 2. Ο όγκος που προσδιορίστηκε κατά την προηγούμενη διαδικασία είναι σταθερός, εφόσον η φιάλη και το προσαρτημένο εξάρτημα είναι στην ίδια σχετική θέση. Εάν αυτά πρόκειται να αποχωρισθούν πρέπει να σημαδευτούν κατάλληλα ώστε να είναι δυνατή η επανασύνδεσή τους στην ίδια θέση.

Μετατρέπεται το βάρος του νερού σε mL με διόρθωση για τη θερμοκρασία όπως αναγράφεται στην παραγρ. 4.1. Ο χρησιμοποιούμενος όγκος πρέπει να είναι ο μέσος όρος τριών προσδιορισμών με μέγιστη απόκλιση 3 mL.

3.2. Το φαινόμενο βάρος της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί στην επί τόπου δοκιμή προσδιορίζεται κατά τον ακόλουθο τρόπο (Σημείωση 3 και 4).

Σημείωση 3. Δόνηση της άμμου κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε προσδιορισμού του βάρους ή του όγκου της είναι πιθανό να προκαλέσει αύξηση του φαινόμενου βάρους της άμμου και να ελαττώσει την ακρίβεια του προσδιορισμού.

Παρεμβολή σημαντικών χρονικών διαστημάτων μεταξύ του προσδιορισμού του φαινομένου βάρους της άμμου και της χρησι-

μοποιήσεώς της στις επί τόπου δοκιμές πιθανόν να έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή του φαινομένου βάρους λόγω μεταβολής της περιεχομένης υγρασίας ή της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως.

Σημείωση 4. Είναι δυνατό να προσδιορισθεί το φαινόμενο βάρος της άμμου σε άλλα δοχεία, γνωστού όγκου, τα οποία από απόψεως διαστάσεων προσεγγίζουν το μέγεθος της μέγιστης οπής δοκιμής, που θα εκσκαφεί. Η διαδικασία που ακολουθείται για τον προσδιορισμό του όγκου της οπής περιγράφεται στην παράγρ. 3.4. Εάν πρόκειται να ακολουθηθεί η διαδικασία αυτή, πρέπει να εξακριβωθεί αν το φαινόμενο βάρος που προκύπτει ισούται με το φαινόμενο βάρος που προέκυψε από τη φιάλη.

3.2.1. Τοποθετείται η άδεια συσκευή όρθια σε στερεά επίπεδη επιφάνεια κλείνεται η βαλβίδα και γεμίζεται το χωνί με άμμο.

3.2.2. Ανοίγεται η βαλβίδα και γεμίζεται η συσκευή με άμμο ενώ το χωνί διατηρείται τουλάχιστον κατά το μισό όγκο του γεμάτο με άμμο. Κλείνεται τελείως η βαλβίδα και αδειάζεται το περίσσευμα της άμμου.

3.2.3. Ζυγίζεται η συσκευή με την άμμο και προσδιορίζεται το καθαρό βάρος της άμμου με αφαίρεση του βάρους της συσκευής.

3.3. Προσδιορίζεται το βάρος της άμμου που απαιτείται για να πληρωθεί η χοάνη κατά τον ακόλουθο τρόπο: (Σημείωση 5 και 6).

3.3.1. Τοποθετείται άμμος μέσα στη συσκευή και βρίσκεται το βάρος της συσκευής και άμμου.

3.3.2. Τοποθετείται η συσκευή ανεστραμμένη σε καθαρή επίπεδη επιφάνεια.

3.3.3. Ανοίγεται η βαλβίδα και αφήνεται ανοικτή, έως ότου σταματήσει η ροή της άμμου.

3.3.4. Κλείνεται γρήγορα η βαλβίδα, ζυγίζεται η συσκευή με την άμμο που απόμεινε και προσδιορίζεται η απώλεια άμμου. Η απώλεια αυτή αντιπροσωπεύει το βάρος της άμμου που χρειάζεται για την πλήρωση του χωνιού.

3.3.5. Αντικαθίσταται η άμμος που απομακρύνθηκε κατά τον προσδιορισμό πληρώσεως του χωνιού και κλείνεται η βαλβίδα.

Σημείωση 5. Ο προσδιορισμός αυτός μπορεί να παραληφθεί εάν ακολουθηθεί η διαδικασία που αναγράφεται στη σημείωση 7. Όταν χρησιμοποιείται η πλάκα, θα θεωρείται αυτή σαν μέρος του χωνιού.

Σημείωση 6. Όπου είναι επιθυμητές οπές δοκιμής μεγάλου όγκου, είναι δυνατό, μετά τον προσδιορισμό του φαινομένου βάρους, να προκαλείται συμπύκνωση της άμμου με δονήσεις και να αυξάνεται το βάρος της στην συσκευή. Εάν ακολουθηθεί η διαδικασία αυτή, το ολικό βάρος της διαθέσιμης άμμου θα προσδιοριοθεί με επαναζύγιση.

3.4. Η πυκνότητα του εδάφους επί τόπου προσδιορίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

3.4.1. Προετοιμάζεται η επιφάνεια στη θέση της δοκιμής ώστε να είναι επίπεδη.

3.4.2. Τοποθετείται η συσκευή ανεστραμμένη στην επιφάνεια που προετοιμάστηκε και χαράσσεται το περίγραμμα του χωνιού (Σημείωση 7).

Σημείωση 7. Σε εδάφη όπου δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική ισοπέδωση, εκτελείται προκαταρκτική δοκιμή στο σημείο αυτό για τη μέτρηση του όγκου που περιλαμβάνεται μεταξύ του χωνιού και της επιφανείας του εδάφους.

Το στάδιο αυτό της δοκιμής απαιτεί χρήση ζυγών επί τόπου της δοκιμής ή εκκένωση και επαναπλήρωση της συσκευής. Μετά το πέρας της μετρήσεως αυτής απομακρύνεται προσεκτικά η άμμος από την επιφάνεια που προετοιμάσθηκε με βούρτσα.

3.4.3. Σκάβεται η οπή δοκιμής μέσα στο περίγραμμα του χωνιού με μεγάλη προσοχή, ώστε να αποφευχθεί διατάραξη του εδάφους που περιβάλλει την οπή. Εδάφη που είναι βασικά κοκκώδη απαιτούν εξαιρετική φροντίδα. Τοποθετείται όλο το έδαφος που σκάφθηκε με προσοχή σε δοχείο, ώστε ν' αποφευχθεί απώλεια υλικού.

3.4.4. Τοποθετείται η συσκευή στη θέση που σημειώθηκε προηγούμενα, ανοίγεται η βαλβίδα και αφού παύσει να ρέει η άμμος κλείνεται (Σημ. 3).

3.4.5. Ζυγίζεται η συσκευή με άμμο που απέμεινε και προσδιορίζεται το βάρος της άμμου που χρησιμοποιήθηκε.

3.4.6. Ζυγίζεται το υλικό που πάρθηκε από την οπή.

3.4.7. Αναμιγνύεται το υλικό καλά, εξασφαλίζεται και ζυγίζεται αντιπροσωπευτικό δείγμα για τον προσδιορισμό της υγρασίας.

3.4.8. Ξηραίνεται και ζυγίζεται το δείγμα για τον προσδιορισμό της υγρασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Ελάχιστοι όγκοι οπών δοκιμής και ελάχιστα βάρη δειγμάτων για τον προσδιορισμό της υγρασίας με βάση το μέγιστο μέγεθος κόκκου του υλικού

Μέγιστο μέγεθος κόκκου	Ελάχιστος όγκος οπής δοκιμής	Ελάχιστο βάρος δείγ. για τον προσδιορισμό υγρασίας
Κόσκινο	cm^3	(g)
Νο 4	712	100
12.5 mm	1425	250
25 mm	2173	500
50 mm	2850	1000

3.5. Οι ελάχιστοι όγκοι οπών που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της εργοταξιακής πυκνότητας εδαφικών δειγμάτων, δίνονται στον πίνακα Ι. Ο πίνακας αυτός δείχνει τα προτεινόμενα ελάχιστα βάρη των δειγμάτων για τον προσδιορισμό της περιεχομένης υγρασίας, ανάλογα με το μέγιστο μέγεθος κόκκου του εδαφικού δείγματος.

4. Υπολογισμοί

4.1. Ο όγκος της συσκευής προσδιορισμού της πυκνότητας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V_1' = G.T$$

όπου: V_1' = ο όγκος της συσκευής προσδιορισμού πυκνότητας σε mL.

G = βάρος νερού σε g, απαιτούμενο για την πλήρωση της συσκευής και

T = διόρθωση του όγκου του νερού ανάλογα με τη θερμοκρασία, όπως φαίνεται στην 3η στήλη του πίνακα ΙΙ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Όγκος νερού ανά γραμμάριο ανάλογα με τη θερμοκρασία του

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ C°	Όγκος νερού ανά γραμμάριο (mL/g)
12	1.00048
14	1.00073
16	1.00103
18	1.00138
20	1.00177
22	1.00221
24	1.00268
26	1.00320
28	1.00375
30	1.00435
32	1.00497

4.2. Το φαινόμενο βάρος της άμμου υπολογίζεται ως εξής:

$$W1 = \frac{W2}{V1}$$

όπου: W1 = φαινόμενο βάρος άμμου σε g/cm^3.

W2 = απαιτούμενο ποσό άμμου σε g για πλήρωση της συσκευής (παράγραφοι 3.2 και 3.3) και

V1 = όγκος της συσκευής σε cm^3 (παράγραφος 4.1 V1 = V_1' σε cm^3).

4.3. Η περιεχομένη υγρασία και το ξηρό βάρος του υλικού που συλλέχθηκε από την οπή δοκιμής, υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$W = \frac{W3 - W4}{W4} \cdot 100\%$$

$$W6 = \frac{W5}{W + 1}$$

όπου: W = ποσοστό % υγρασίας στο υλικό της οπής δοκιμής.
W3 = υγρό βάρος δείγματος προσδιορισμού υγρασίας, σε g.
W4 = ξηρό βάρος δείγματος προσδιορισμού υγρασίας, σε g.
W5 = βάρος υγρού υλικού που ελήφθηκε από την οπή, σε g και
W6 = ξηρό βάρος του υλικού που ελήφθηκε από την οπή, σε g.

4.4. Η επί τόπου πυκνότητα του υλικού που εξετάζεται υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$V = \frac{W7 - W8}{W1}$$

$$W' = \frac{W6}{V}$$

όπου: V = ο όγκος της οπής δοκιμής, σε cm^3.
W7 = βάρος, σε g, της άμμου που χρησιμοποιήθηκε, (παρ. 3.4, 3.3).
W8 = βάρος, σε g, της εντός του χωνιού άμμου, (παρ. 3.3, 3) και
W' = ξηρά πυκνότητα υλικού που εξετάζεται, σε g/cm^3.

5. Βιβλιογραφία

5.1. A.A.S.H.T.O. T 191-61.

3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΦΟΡΝΙΑΚΟΥ ΛΟΓΟΥ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ (CBR) ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ

1. Σκοπός

1.1. Η Προδιαγραφή αυτή έχει σκοπό να περιγράψει τη μέθοδο προσδιορισμού της τιμής του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας (C.B.R.) των εδαφών και των οδοστρωμάτων στη φυσική τους κατάσταση, χωρίς διατάραξη και με τη φυσική υγρασία.

Η δοκιμή είναι χρήσιμη για την εκτίμηση του υπεδάφους καθώς και των παλαιών υποβάσεων και βάσεων στις περιπτώσεις που χρειάζεται να ενισχυθούν.

2. Συσκευές

2.1. *Μηκυνσιόμετρα.* Δύο μηκυνσιόμετρα που έχει καθένα ικανότητα μετρήσεως μέχρι 2.54cm και ευαισθησία 0,02 mm.

2.2. *Βάρη επιφορτίσεως.* Ένα δακτυλιοειδές μεταλλικό φορτίο με κυκλική οπή στο μέσο, διαμέτρου 54 mm και μερικά μεταλλικά φορτία με εγκοπή ή διαιρούμενα, όλα διαμέτρου 149,2 mm και βάρους 2,27 ± 0,04 kg το καθένα.

2.3. *Έμβολο διεισδύσεως.* Μεταλλικό έμβολο κυκλικής διατομής με διάμετρο 49,63 mm, εμβαδό δε διατομής 1935 mm και μήκος όχι λιγότερο από 102 mm.

2.4. *Συσκευή φορτίσεως.* Μία συσκευή θλίψεως που έχει την ικανότητα να εξασκεί φόρτιση ομοιόμορφα όταν το φορτίο αυξάνεται μέχρι 44,5 ΚΝ και με ταχύτητα φορτίσεως 1,3 mm ανά min. Η συσκευή αυτή χρησιμοποιείται για να εξαναγκάσει το έμβολο να διεισδύσει στο δοκίμιο. Η συσκευή φορτίσεως πρέπει να έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται κατάλληλα σε αυτοκίνητο ή πλατφόρμα.

2.5. *Αντίβαρο.* Φορτηγό αυτοκίνητο ή μικρή πλατφόρμα. Τα φορτία τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αντίβαρα για την επιβολή των φορτίων στο έμβολο διεισδύσεως.

3. Διείσδυση εμβόλου

3.1. Επιπεδώνεται η επιφάνεια στην οποία πρόκειται να γίνει η δοκιμή και φέρεται σε επαφή το έμβολο διεισδύσεως με την επιφάνεια με φορτίο 4,54 Kg, στη συνέχεια μηδενίζονται οι ενδείξεις των οργάνων μετρήσεως του φορτίου και των διεισδύσεων του εμβόλου.

3.2. Πριν από τη διείσδυση του εμβόλου, τοποθετούνται πάνω στο έδαφος επαρκή δακτυλιοειδή βάρη για την πραγματοποίηση φορτίσεως τιμής ίσης προς το βάρος των στρώσεων υποβάσεως, βάσεως και επιφανείας κλίσεως ή ίσο προς το βάρος των υπερκειμένων γαιών πάνω από τη στάθμη της δοκιμής. Η διακύμανση του φορτίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,26 Kg αλλά σε καμία περίπτωση αυτή η επιφόρτιση δεν θα είναι μικρότερη από 4,54 Kg.

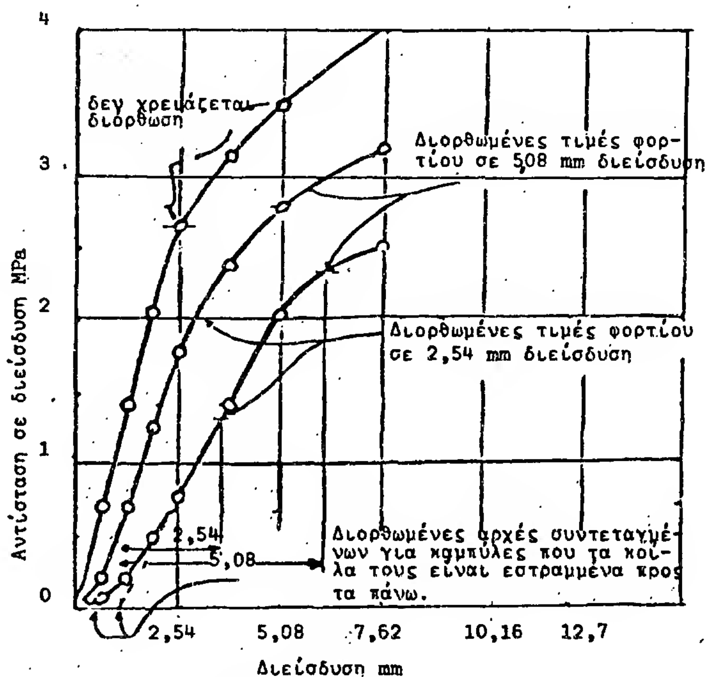
3.3. Εφαρμογή του φορτίου διεισδύσεως. Τα φορτία στο έμβολο εξασκούνται κατά τρόπο ομοιόμορφο ώστε να εξασφαλίζουν ομοιόμορφη ταχύτητα διεισδύσεως 1,3 mm/min.

Καταγράφονται τα φορτία που αντιστοιχούν σε διείσδυση: 0,64mm — 1,27mm — 1,91mm — 2,54mm — 3,81mm — 5,08mm και 7,62mm.

Αν είναι επιθυμητό μπορεί να ληφθούν αναγνώσεις για διείσδυση 10,16mm και 12,70mm.

4. Υπολογισμοί

4.1. Καμπύλη τάσεων-παραμορφώσεων. Για κάθε δοκιμή σχεδιάζεται καμπύλη τάσεων-παραμορφώσεων, (αντίσταση σε διείσδυση-βάθος διεισδύσεως), όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Σε ορισμένες περιπτώσεις η αρχική διείσδυση λαμβάνει χώρα χωρίς αναλογική αύξηση της αντιδράσεως σε διείσδυση και η καμπύλη πιθανόν να είναι κοίλη προς τα πάνω. Για να λάβουμε την πραγματική σχέση τάσεων-παραμορφώσεων, διορθώνουμε την καμπύλη που έχει τα κοίλα στραμμένα προς τα πάνω και στο τμήμα της που είναι κοντά στην αρχή, αναπροσαρμόζοντας τη θέση της αρχής όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχ. 1. Διόρθωση καμπυλών τάσεων-παραμορφώσεων.

Η νέα θέση της αρχής καθορίζεται με προέκταση του ευθύγραμμου τμήματος της καμπύλης τάσεων-παραμορφώσεων μέχρι να τμήσει αυτό τον άξονα των τεταγμένων, (βλ. διακεκομμένη γραμμή).

4.2. *Λόγος Καλιφορνιακού Δείκτου Φέρουσας Ικανότητας.* Οι διορθωμένες τιμές φορτίου θα καθορισθούν για κάθε δοκιμή από

τις διεισδύσεις 0.254 cm και 0.508 cm. Οι λόγοι του Καλιφορνιακού δείκτη φέρουσας ικανότητας λαμβάνονται σε ποσοστό %, με διαίρεση δια των προτύπων φορτίων 6,9 MPa και 10,35 MPa των διορθωμένων τιμών φορτίου που αντιστοιχούν στις διεισδύσεις των 0.254 cm και 0.508 cm αντίστοιχα. Ο λόγος αυτός πρέπει να πολλαπλασιασθεί επί 100.

$$C.B.R. = \frac{\text{Διορθωμένες τιμές φορτίου}}{\text{Πρότυπο φορτίο}} \times 100$$

4.2.1. Ως τιμή του Καλιφορνιακού Λόγου Φέρουσας Ικανότητας εκλέγεται η αντιστοιχούσα σε διείσδυση 0.254 cm. Εάν ο λόγος της φέρουσας ικανότητας που αντιστοιχεί σε διείσδυση 0.508 cm είναι μεγαλύτερος, η δοκιμή θα επαναληφθεί.

Εάν η δοκιμή επαληθεύσεως δώσει όμοια αποτελέσματα, θα χρησιμοποιηθεί ο λόγος που αντιστοιχεί σε διείσδυση 0.508 cm.

Μετά το τέλος της δοκιμής διεισδύσεως προσδιορίζεται στη θέση της δοκιμής η ξηρά πυκνότητα του εδάφους και η φυσική του υγρασία.

5. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Η έκθεση θα πρέπει να περιλαμβάνει την ξηρά πυκνότητα του εδάφους, τη φυσική του υγρασία, την τιμή του C.B.R.

6. Βιβλιογραφία

6.1. A.A.S.H.T.O. T 193-72.

4. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ ΠΛΑΚΑ

1. Σκοπός

1.1. Η Προδιαγραφή αυτή έχει σαν σκοπό να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται επί τόπου η φόρτιση των εδαφών, με τη βοήθεια δοκιμαστικής πλάκας, για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας αυτών. Η δοκιμή αυτή αποτελεί ένα μόνο μέρος του αναγκαίου ερευνητικού προγράμματος για σκοπούς θεμελιώσεων και δίνει πληροφορίες για το έδαφος σε ένα βάθος διπλάσιο της διαμέτρου της πλάκας.

2. Συσκευές

2.1. Πλατφόρμα ή κιβώτια φορτίσεως ικανού μεγέθους, αντοχής και βάρους, για να παρέχουν το απαιτούμενο φορτίο στη δοκιμαστική πλάκα.

2.2. Μηχανικός ή υδραυλικός γρύλλος ικανότητας όχι μικρότερης των 440 KN. Η μέτρηση του φορτίου πρέπει να γίνεται με μια ακρίβεια ±2%.

2.3. Πλάκες φορτίσεως. Συνήθως χρησιμοποιούνται τρεις πλάκες φορτίσεως κυλινδρικού σχήματος πάχους τουλάχιστο 25 mm και μεταβλητής διαμέτρου από 305 έως 762 mm, ή τετραγωνικού σχήματος ισοδύναμης επιφάνειας.

2.4. Μηκυνσιόμετρα για την παρακολούθηση των υποχωρήσεων ακριβείας 0.25 mm.

2.5. Γέφυρες για τη στήριξη των μηκυνσιομέτρων, καθώς και άλλα μικροεργαλεία.

Οι διάφορες συσκευές μπορεί να είναι πολλών ειδών και εξαρτώνται από τις συνθήκες εργασίας, τις απαιτήσεις της δοκιμής και από τις συσκευές που διατίθενται.

3. Δοκιμή

3.1. Εκλογή της επιφάνειας δοκιμής. Η επιφάνεια της δοκιμής εκλέγεται με βάση τα αποτελέσματα από γεωτρήσεις που έγιναν προηγούμενα από τις απαιτήσεις του έργου. Αν η στάθμη της επιφάνειας της δοκιμαστικής φορτίσεως δεν καθορίζεται διαφορετικά, τότε η φόρτιση γίνεται στη στάθμη θεμελιώσεως των πεδίλων και με συνθήκες όμοιες με εκείνες που θα βρεθούν τα πέδιλα.

Η δοκιμή της φορτίσεως γίνεται σε τρεις τουλάχιστο θέσεις που η απόστασή τους δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το πενταπλάσιο της διαμέτρου της μεγαλύτερης πλάκας. Πριν και κατά τη διάρκεια της δοκιμής προστατεύεται η επιφάνεια δοκιμής από μεταβολές της υγρασίας εκτός εάν κατά τη λειτουργία του έργου αναμένονται μεταβολές της υγρασίας όπως στα υδραυλικά έργα.

Στην περίπτωση αυτή, διαβρέχεται από πριν το έδαφος σε ένα βάθος όχι μικρότερο του διπλάσιου της διαμέτρου της μεγαλύτερης πλάκας.

3.2. Πλατφόρμες φορτίσεως. Οι πλατφόρμες φορτίσεως ή τα κιβώτια στηρίζονται σε ξύλινα ή άλλα βάθρα που να απέχουν από την επιφάνεια φορτίσεως απόσταση όχι μικρότερη του 1,0m. Το ολικό φορτίο της δοκιμής τοποθετείται στην πλατφόρμα ή στα κιβώτια πριν από την έναρξη της δοκιμής.

3.4. Δοκοί αναφοράς (Γέφυρες). Οι μεταλλικές γέφυρες αναφοράς πάνω στις οποίες στηρίζονται τα μηκυνσιόμετρα, τοποθετούνται ανεξάρτητα σε απόσταση όχι μικρότερη των 1,5m από το κέντρο της πλάκας φορτίσεως.

3.5. Εξάσκηση του φορτίου. Το φορτίο εξασκείται σε βαθμίδες φορτίσεως. Το φορτίο κάθε βαθμίδας διαφέρει από το φορτίο της προηγούμενης κατά 0,5 Kg/cm^2 ή κατά 10% του μέγιστου φορτίου ανάλογα με την αντοχή του εδάφους. Το μέγιστο φορτίο δεν υπερβαίνει το 10% της φέρουσας ικανότητας του εδάφους. Το κάθε φορτίο μετράται με ακρίβεια και επιβάλλεται κατά τρόπο ώστε η φόρτιση να είναι στατική, χωρίς κρούση, ταλάντωση ή εκκεντρότητα.

3.6. Χρονικά διαστήματα φορτίσεως. Μετά την εφαρμογή κάθε φορτίου αυτό διατηρείται σταθερό για χρόνο όχι μικρότερο των 15 λεπτών. Το φορτίο μπορεί να διατηρηθεί και για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μέχρι μηδενισμού των υποχωρήσεων ή μέχρι σταθερής ταχύτητας των υποχωρήσεων. Όποιος και αν είναι ο χρόνος μετρήσεως, αυτός πρέπει να διατηρείται σταθερός σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

3.7. Μέτρηση των υποχωρήσεων. Οι μετρήσεις των υποχωρήσεων γίνονται συνεχώς και κατά χρονικά διαστήματα αμέσως μετά την εφαρμογή του φορτίου, ενώ το φορτίο διατηρείται σταθερό. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο μετρήσεων πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο. Σε κάθε βαθμίδα φορτίσεως θα παίρνονται το λιγότερο έξη μετρήσεις.

Συνεχίζεται η δοκιμή με διαδοχικές αυξήσεις του φορτίου μέχρις ενός μέγιστου φορτίου ή μέχρις ότου ο λόγος του φορτίου προς την υποχώρηση φθάσει σε μια ελάχιστη τιμή. Πολλές φορές η φόρτιση συνεχίζεται μέχρι που η ολική υποχώρηση φθάσει τουλάχιστο το 10% της διαμέτρου της πλάκας. Μετά την επιβολή του τελευταίου φορτίου γίνεται αποφόρτιση σε τρία ίσα στάδια. Κατά τη διάρκεια των αποφορτίσεων μετρούνται οι διογκώσεις του εδάφους όπως και στην περίπτωση των φορτίσεων.

4. Δελτίο Δοκιμής

Πέρα από τη συνεχή καταγραφή του χρόνου, του φορτίου, των υποχωρήσεων σημειώνονται όλες οι συνθήκες και παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια της δοκιμής όπως:

4.1. Ημερομηνία.

4.2. Καιρικές συνθήκες.

4.3. Θερμοκρασία περιβάλλοντος.

5. Βιβλιογραφία

5.1. A.S.T.M. D 1194-72.

5. ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ ΠΑΣΣΑΛΟΥ Ή ΟΜΑΔΑΣ ΠΑΣΣΑΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΠΙΒΟΛΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

1. Σκοπός

1.1. Η Προδιαγραφή αυτή έχει σκοπό να περιγράψει τον τρόπο δοκιμαστικής φορτίσεως πασσάλου ή ομάδας πασσάλων κατά την

επιφόρτισή τους με ένα στατικό φορτίο που εφαρμόζεται αξονικά στον πάσσαλο ή την ομάδα πασσάλων. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε όλες τις βαθειές θεμελιώσεις, των οποίων η λειτουργία κατά ένα τρόπο είναι όμοια με εκείνη των πασσάλων θεμελιώσεως ανεξάρτητα του τρόπου εμπήξεως αυτών.

Η μέθοδος διαιρείται στις ακόλουθες παραγράφους:

Συσκευές για την εξάσκηση των φορτίων	Παρ.	2
Συσκευές για την μέτρηση των κινήσεων	»	3
Τρόπος φορτίσεως	»	4
Τρόπος μετρήσεως των κινήσεών των πασσάλων	»	5
Αναφορά αποτελεσμάτων δοκιμής	»	6

Σημείωση 1. Η μέθοδος δεν καλύπτει την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της δοκιμής, ούτε την εφαρμογή των αποτελεσμάτων στη σχεδίαση των θεμελιώσεων γενικά. Ο όρος «θραύση» όπως χρησιμοποιείται στη μέθοδο αυτή σημαίνει γρήγορη και προοδευτική υποχώρηση του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων υπό σταθερό φορτίο.

Σημείωση 2. Συσκευές και τρόποι δοκιμών, εκλεγμένες «προαιρετικά», απαιτούνται μόνο όταν περιλαμβάνονται στις προδιαγραφές της εργασίας ή όταν ζητούνται από τον ανάδοχο και εγκρίνονται από τον επιβλέποντα μηχανικό.

2. Συσκευές για την εφαρμογή των φορτίων

2.1. Γενικά. Οι συσκευές για την εφαρμογή των γνωστών φορτίων στον πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων θα είναι όπως περιγράφονται στις παραγράφους 2.3, 2.4 ή 2.5 και θα είναι κατασκευασμένες κατά τρόπο που το φορτίο να επιβάλλεται αξονικά και να ελαχιστοποιούν την εκκεντρότητα.

Όπου για πρακτικούς λόγους η στάθμη της φορτίσεως επιβάλλει εκσκαφή, αυτό πρέπει να γίνεται. Εάν είναι ανάγκη ο πάσσαλος ή οι πάσσαλοι, μέσα στην ομάδα των πασσάλων που δοκιμάζεται, να κοπούν ή να επιμηκυνθούν για την τοποθέτηση του φορτίου και των συσκευών, αυτό πρέπει να γίνεται. Όπου είναι ανάγκη, το ακάλυπτο τμήμα των πασσάλων στηρίζεται για να προληφθεί η κάμψη του.

Για δοκιμές σε ομάδα πασσάλων, οι πάσσαλοι καλύπτονται με κάλυμμα από οπλισμένο σκυρόδεμα, υπολογισμένο κατάλληλα. Μεταλλική πλάκα κατάλληλου πάχους για τα επιβαλλόμενα φορτία τοποθετείται επί του πασσάλου ή της ομάδας πασσάλων καλά εφαρμοσμένη. Για μεμονωμένους πασσάλους το μέγεθος της μεταλλικής πλάκας δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από το μέγεθος του πασσάλου ούτε μικρότερο από τη βάση, (ή τις βάσεις), του γρύλου, (ή των γρύλων), 2.3 και 2.4, ούτε μικρότερο από το ολικό πλάτος της δοκού, (ή των δοκών), 2.5. Για δοκιμές σε ομάδες πασσάλων το μέγεθος της πλάκας δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο από το διπλάσιο της επιφανείας που καλύπτεται από τη βάση, (ή τις βάσεις), του υδραυλικού γρύλου, (ή των γρύλων), 2.3 και 2.4, ούτε μικρότερο από το 1,5 του πλάτους της δοκού, (ή των δοκών), 2.5. Για δοκιμές σε πασσάλους ή ομάδα πασσάλων από σκυρόδεμα η μεταλλική πλάκα πρέπει να τοποθετείται σε κονίαμα ταχείας ανάπτυξης αντοχής. Για δοκιμές σε μεμονωμένους χαλύβδινους πασσάλους σχήματος Η η μεταλλική πλάκα πρέπει να συγκολλάται. Για δοκιμές σε μεμονωμένους από ξύλο πασσάλους, η μεταλλική πλάκα τοποθετείται στην κορυφή του πασσάλου, η οποία είναι πριονισμένη κάθετα προς τον άξονα του πασσάλου.

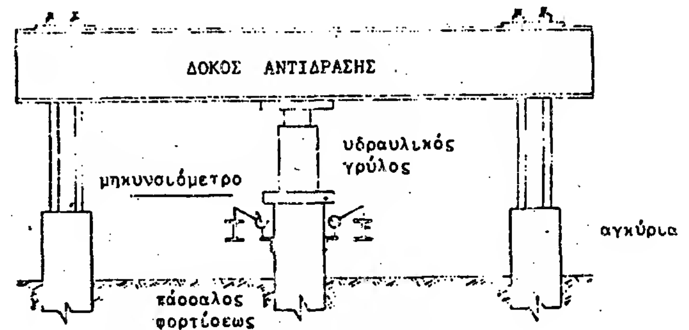
Η πλάκα φορτίσεως πρέπει να κεντράρεται επί του πασσάλου ή του καλύμματος αυτού και να τοποθετείται κάθετα προς τον διαμήκη άξονα του πασσάλου ή των πασσάλων, μέσα στην κονία ταχείας ανάπτυξης αντοχής. Στις παραγράφους 2.3 και 2.4 ο υδραυλικός γρύλος, (ή γρύλοι), κεντράρεται πάνω στη μεταλλική πλάκα φορτίσεως με τη βοήθεια μιας άλλης μεταλλικής πλάκας, ικανού πάχους που τοποθετείται μεταξύ του γρύλου και της δοκού φορτίσεως. Αν για τη φόρτιση χρησιμοποιείται κιβώτιο φορτίσεως, ή άλλος ισοδύναμος μηχανισμός, θα πρέπει να εφοδιάζονται με μια σφαιρική διάταξη που κεντράρεται μεταξύ της πλάκας που βρίσκεται πάνω στο έμβολο του γρύλου και μιας πλάκας που τοποθετείται μεταξύ σφαιρικής διατάξεως και κιβωτίου ή της δοκού φορτίσεως.

Οι πλάκες φορτίσεως πρέπει να είναι αρκετού μεγέθους ώστε να προσαρμόζονται εύκολα στο γρύλο, τη δοκό, το κιβώτιο ή σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα φορτίσεως.

2.2. *Απαιτήσεις δοκιμής.* Όταν τα φορτία εφαρμόζονται με υδραυλικό γρύλο, (ή γρύλους), το σύστημα περιλαμβάνει το υδραυλικό έμβολο, (ή έμβολα), τη σύνδεση, την υδραυλική αντλία και τον μετρητή φορτίου, ο οποίος πριν από τη φόρτιση ρυθμίζεται, (καλιμπράρεται), κατά τρόπο που η ακρίβεια της μετρήσεως να είναι ±5% του ολικά επιβαλλόμενου φορτίου. Όταν χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια για τη μέτρηση του φορτίου τότε μπορεί, σε σειρά με το γρύλο, να τοποθετηθεί και δεύτερος μετρητής του φορτίου, όπως δακτύλιος φορτίσεως. Όλοι οι μετρητές φορτίου πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με διάγραμμα φορτίου-παραμορφώσεων ή φορτίου- με άλλη κατάλληλη ένδειξη.

Εάν χρησιμοποιηθούν δύο ή περισσότεροι γρύλοι για τη δοκιμή, πρέπει η διάμετρος του εμβόλου να είναι ίδια και να συνδέεται με ένα κοινό πολλαπλό σύστημα συνδέσεως σε ένα μετρητή φορτίου ή πιέσεως και να λειτουργούν με μια κοινή αντλία πιέσεως. Εάν κατά τη φόρτιση το σύστημα φορτίσεως του γρύλου και της αντλίας δεν παρακολουθείται, τότε εφοδιάζεται με ένα αυτόματο σύστημα ρυθμίσεως του φορτίου και διατηρήσεως αυτού σταθερού κατά την υποχώρηση του πασσάλου.

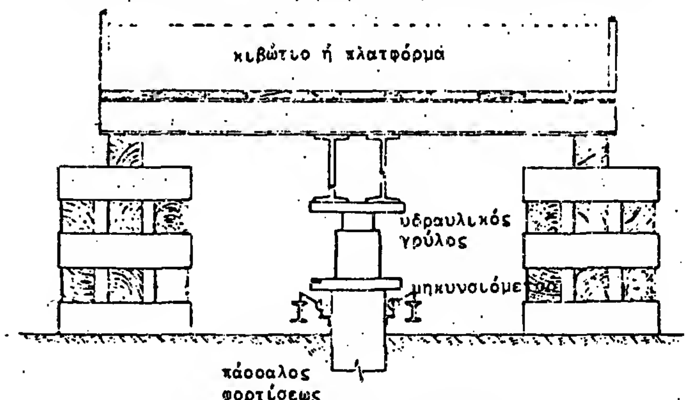
2.3. Φορτίο που επιβάλλεται στον πάσσαλο ή την ομάδα πασσάλων με γρύλο ή γρύλους και με ένα σύστημα αγκυρώσεως, (σχ. 1). Η διάταξη αυτή είναι κατάλληλη για την εφαρμογή αξονικών



Σχ. 1. Διάταξη επιβολής φορτίου σε πάσσαλο με γρύλο και με σύστημα αγκυρώσεως.

φορτίων σε κατακόρυφους πασσάλους ή σύστημα πασσάλων. Εγκαθίσταται ένας ικανός αριθμός από αγκύρια (πασσάλους), ή ένα μεταλλικό σύστημα αγκυρώσεων σε μια καθαρή απόσταση από τον δοκιμαζόμενο πάσσαλο ή ομάδα πασσάλων τουλάχιστον πενταπλάσια της διαμέτρου των αγκυρίων, αλλά όχι μικρότερη των 2m. Τοποθετείται πάνω από το κέντρο του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων μια αρκετά ισχυρή δοκός και συνδέεται με το σύστημα των αγκυρίων κατά τρόπο που να φέρει με ευχέρεια τα φορτία αντιδράσεως των αγκυρίων.

Όταν εφαρμόζουμε αξονικά φορτία σε μια ομάδα πασσάλων, η δοκός (ή δοκοί), φορτίσεως πρέπει να τοποθετείται κάθετα προς την ομάδα των πασσάλων και οι πάσσαλοι αγκυρώσεως τοποθετούνται στην ίδια διεύθυνση ή την ίδια γωνία με τους πασσάλους.



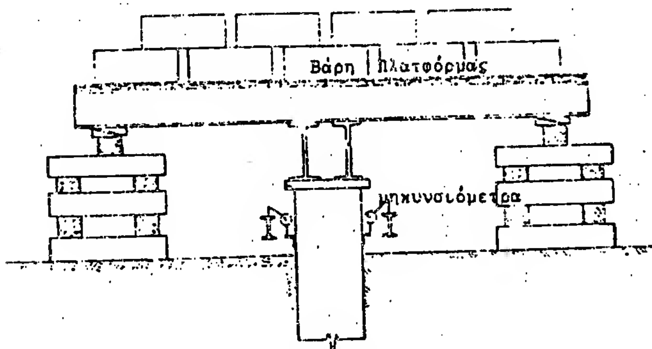
Σχ. 2. Διάταξη επιβολής φορτίου σε πάσσαλο με υδραυλικό γρύλο που εφαρμόζεται σε κιβώτιο ή πλατφόρμα.

Για μεγάλα φορτία δοκιμών που απαιτούν πολλές αγκυρώσεις, απαιτείται ένα χαλύβδινο σύστημα για να μεταφέρει τα φορτία αντιδράσεως από τη δοκό, (ή δοκούς), στις αγκυρώσεις. Εφαρμόζονται τα φορτία δοκιμής στον πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων με υδραυλικό γρύλο (ή γρύλους) και δρουν στη δοκό (ή δοκούς) φορτίσεως.

2.4. Φορτίο που επιβάλλεται στον πάσσαλο ή την ομάδα πασσάλων με υδραυλικό γρύλο που εφαρμόζεται σε κιβώτιο ή πλατφόρμα, (σχ. 2). Η διάταξη αυτή είναι κατάλληλη μόνο για την εφαρμογή κατακόρυφων φορτίων. Τοποθετείται πάνω από τη δοκιμαστική πλάκα και στο κέντρο αυτής μια μεταλλική οδός φορτίσεως που τα άκρα της στηρίζονται σε πλαίσια από ξύλα ή βάθρα από σκυρόδεμα κατά τρόπο που να αφήνει αρκετό χώρο για την τοποθέτηση των πλακών, του σφαιρικού συστήματος, του γρύλου, ή οποιουδήποτε άλλου συστήματος φορτίσεως. Τοποθετείται στη συνέχεια το κιβώτιο ή η πλατφόρμα στο κέντρο της δοκού, ενώ τα άκρα του εδράζονται στο ξύλινο πλαίσιο ή τα βάθρα από σκυρόδεμα. Τα ξύλινα πλαίσια ή τα βάθρα από σκυρόδεμα πάνω στα οποία στηρίζεται το κιβώτιο ή η πλατφόρμα, σε καμιά περίπτωση δεν τοποθετούνται σε απόσταση μικρότερη των 1,5m από τον πάσσαλο (ή την ομάδα πασσάλων). Φορτίζεται το κιβώτιο ή η πλατφόρμα με κάθε διαθέσιμο υλικό όπως έδαφος, βράχος, σκυρόδεμα, χάλυβας, νερό κ.λπ. με ένα ολικό φορτίο κατά 10% μεγαλύτερο του μέγιστου φορτίου που απαιτείται για τη φόρτιση.

Εφαρμόζονται τα φορτία δοκιμής στον πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων με υδραυλικό γρύλο (ή γρύλους), που δρουν στη δοκό (ή τις δοκούς), φορτίσεως.

2.5. Φορτία που εφαρμόζονται απ' ευθείας στον πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων με ζυγισμένη πλατφόρμα (σχ. 3). Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για την εφαρμογή κατακορύφων μόνο φορτίσεων. Πάνω από το κέντρο της δοκιμαστικής πλάκας τοποθετείται η δοκός φορτίσεως που τα άκρα της ακουμπούν προσωρινά στα ξύλινα πλαίσια ή τα βάθρα από σκυρόδεμα.

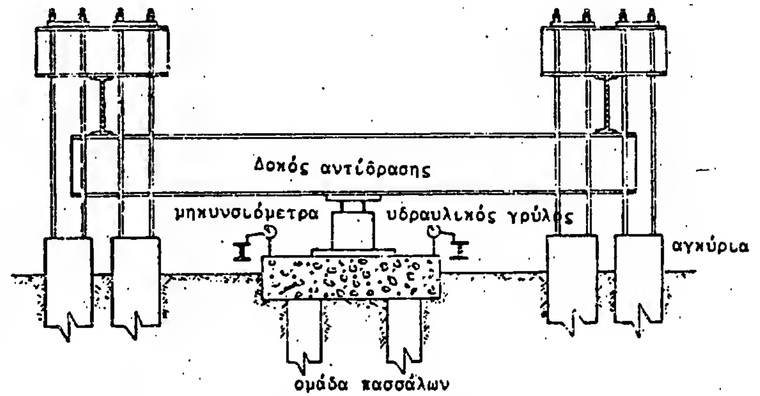


Σχ. 3. Διάταξη επιβολής φορτίου απευθείας στον πάσσαλο με ζυγισμένη πλατφόρμα.

Τοποθετείται στο κέντρο και ισορροπείται, πάνω στη δοκό ή στις δοκούς φορτίσεως, η πλατφόρμα με τις γωνίες της ή τα άκρα της παράλληλα προς τη δοκό, υποβαστάζεται από τα πλαίσια ή τα βάθρα ή από πασσάλους που η καθαρή απόστασή τους από τον φορτιζόμενο πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων να μην είναι μικρότερη του 1,5m. Τοποθετούνται κατά ζεύγη σφήνες (ή γωνίες), μεταξύ της κορυφής των πλαισίων και του πυθμένα της πλατφόρμας, ώστε η πλατφόρμα να σταθεροποιείται (ισορροπείται), κατά το στάδιο της φορτίσεως. Όταν είμαστε έτοιμοι για την εφαρμογή των φορτίων, μετακινούμε την προσωρινή αντιστήριξη από τα άκρα της δοκού φορτίσεως. Φορτίζεται η πλατφόρμα με υλικά όπως χάλυβα, σκυρόδεμα κλπ., έτσι ώστε τα αυξανόμενα φορτία να υπολογίζονται με ακρίβεια 5%.

Σημείωση 3. Με την συσκευή φορτίσεως όπως έχει περιγραφεί στην παράγραφο 2.5 πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα για την εξασφάλιση κατάλληλου επιπέδου για την απευθείας ανάγνωση των μετακινήσεων της κεφαλής του πασσάλου. όπως περιγράφεται στην παράγραφο 3.2.3.

Για δοκιμές σε πασσάλους από σκυρόδεμα ή σε ομάδα πασσάλων μια τρύπα πρέπει να εξασφαλίζεται στο κέντρο της πλάκας



Σχ. 4. Διάταξη επιβολής φορτίου σε ομάδα πασσάλων με υδραυλικό γρύλο και με σύστημα αγκυρώσεως.

φορτίσεως διαμέσου της οποίας μια μεταλλική ράβδος (βελόνα), ενσωματώνεται στην κεφαλή του πασσάλου ή τον κεφαλόδεσμο των πασσάλων. Για πασσάλους μεταλλικού σχήματος Η, ή ξύλινους πασσάλους, οι αναγνώσεις πρέπει να παίρνονται επί της πλάκας φορτίσεως. Για να προσαρμόσουμε τη ράβδο (οδηγό), πρέπει να χρησιμοποιούνται δύο δοκοί φορτίσεως με ικανοποιητική απόσταση μεταξύ των δοκών. Μία τρύπα πρέπει να αφήνεται στην πλατφόρμα και ένας χώρος πρέπει επίσης να αφήνεται μεταξύ των βαρών φορτίσεως για την παρακολούθηση της ράβδου (οδηγού).

3. Συσκευές για τη μέτρηση των μετακινήσεων

3.1. Γενικά. Όλες οι γέφυρες αναφοράς ή τα σύρματα που θα χρησιμοποιηθούν για τις μετρήσεις των υποχωρήσεων πρέπει να τοποθετούνται σταθερά στο έδαφος σε απόσταση όχι μικρότερη των 2,5m από τον πάσσαλο ή την ομάδα πασσάλων ή όσο είναι πρακτικά δυνατό μακρυά από τους πασσάλους αγκυρώσεως. Οι γέφυρες πρέπει να είναι αρκετά άκαμπτες ώστε να προλαμβάνονται υπερβολικές παραμορφώσεις και να συνδέονται με σταυροειδή διάταξη για να παρέχουν πρόσθετη ακαμψία.

Εάν χρησιμοποιούνται μεταλλικές γέφυρες το ένα άκρο κάθε γέφυρας πρέπει να είναι ελεύθερο για να μετακινείται καθώς το μήκος της γέφυρας μεταβάλλεται με τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Τα μηκυνσιόμετρα πρέπει να έχουν τουλάχιστον διαδρομή 50mm. Οι αναγνώσεις στα μηκυνσιόμετρα θα γίνονται κατά διαστήματα 0,25mm.

Για την έδραση των στελεχών των μηκυνσιομέτρων πρέπει να εξασφαλίζονται λείες επιφάνειες κάθετες προς τα στελέχη αυτά. Εάν χρησιμοποιηθεί κλίμακα για τη μέτρηση των μετακινήσεων του πασσάλου οι αναγνώσεις θα γίνονται κατά διαστήματα 0,25mm.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των μετακινήσεων ράβδος (οδηγός), στο κέντρο της πλάκας φορτίσεως οι αναγνώσεις γίνονται κατά διαστήματα 0,3mm. Όλα τα μηκυνσιόμετρα, οι κλίμακες και τα σημεία αναφοράς των μετρήσεων θα σημειώνονται καθαρά με αριθμούς ή γράμματα αναφοράς για να βοηθούν στην ακριβή σημείωση των δεδομένων των μετρήσεων. Πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα για την προστασία του συστήματος μετρήσεων ή του συστήματος αναφοράς από τις θερμικές μεταβολές ή από διαταραχές.

3.2. Μετακινήσεις πασσάλων. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των αξονικών φορτίσεων του πασσάλου ή των πασσάλων είναι ένα από τα ακόλουθα. Το σύστημα της παραγρ. 3.2.1 συνιστάται, αλλά τα άλλα συστήματα πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν κύρια συστήματα μετρήσεως.

3.2.1. Μηκυνσιόμετρα. Δύο δοκοί αναφοράς, μία για την κάθε πλευρά του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων τοποθετούνται κάθετα προς την δοκό ή τις δοκούς φορτίσεως. Δύο μηκυνσιόμετρα προσαρμόζονται διαμετρικά στον πάσσαλο ή στις αντίθετες πλευρές του κεφαλοδέσμου της ομάδας, σε ίσες αποστάσεις από το κέντρο, με τα στελέχη τους παράλληλα προς τη διεύθυνση της φορτίσεως.

3.2.2. Σύρμα. Κάτοπτρο και Κλίμακα. Δύο σύρματα ένα από την κάθε πλευρά του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων τοποθετούνται κάθετα προς τη δοκό, (ή τις δοκούς) φορτίσεως ή και τον άξονα του πασσάλου (ή των πασσάλων). Κάθε σύρμα περνά κάθετα από την πρόσοψη της κλίμακας η οποία τοποθετείται παράλληλα προς τον άξονα του πασσάλου και η οποία είναι προσκολημένη σε κάτοπτρο τοποθετημένο επί του πασσάλου, κατά τρόπο ώστε οι αξονικές μετακινήσεις να γίνονται απευθείας στην κλίμακα με ευθυγράμμιση του σύρματος και του ειδώλου του στο κάτοπτρο. Ένα κατάλληλο σύστημα χρησιμοποιείται για να διατηρείται το σύρμα σε κατάσταση ελαφρής προεντάσεως (τεντωμένο), κατά τη διάρκεια της δοκιμής, ώστε όταν κόβεται ή κτυπιέται να επανέρχεται στην αρχική του θέση.

3.2.3. Χωροσταθμίσεις ή ακτίνες Laser. Οι μετρήσεις των μετακινήσεων του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων μπορεί επίσης να γίνουν με χωροστάθμιση της αξονικής ράβδου ή της κλίμακας ως προς δύο σταθερά σημεία εξαρτήσεως που είναι έξω από την περιοχή της φορτίσεως.

Χωροστάθμιση μπορεί να γίνει και σε δύο σταθερά σημεία τοποθετημένα διαμετρικά. Οι χωροσταθμίσεις γίνονται ή με κοινά όργανα χωροσταθμίσεων ή με τη βοήθεια δέσμης ακτίνων Laser.

3.2.4. Άλλα συστήματα μετρήσεων. Κάθε άλλο σύστημα μετρήσεως των μετακινήσεων του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων, όπως ηλεκτρικοί ή οπτικοί μετρητές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αρκεί να παρέχει ακρίβεια της τάξεως των 0,25 mm.

Σημείωση 4. Θα πρέπει για τη μέτρηση των αξονικών μετακινήσεων του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων, να χρησιμοποιούνται δύο ανεξάρτητα συστήματα μετρήσεως, ώστε να έχουμε επιβεβαίωση των παρατηρήσεων, αλλά και συνέχιση αυτών σε περίπτωση διαταραχής του ενός συστήματος.

3.3. Πλευρικές μετακινήσεις (προαιρετικές). Οι πλευρικές μετακινήσεις του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων θα πρέπει να μετρούνται με ακρίβεια 2.5 mm με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

α. Δύο μηκυνσιόμετρα τοποθετούνται στις ράβδους αναφοράς με τους άξονές τους οριζόντιους και κατά τρόπο που να σχηματίζουν γωνία 90°. Τα άκρα των αξόνων των μηκυνσιομέτρων φέρονται σε επαφή με τον πάσσαλο ή τον κεφαλόδεσμο της ομάδας των πασσάλων.

β. Δύο κλίμακες τοποθετούνται οριζόντια και σταθερά στον πάσσαλο ή την ομάδα των πασσάλων που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90°. Οι μετακινήσεις στις κλίμακες παρακολουθούνται με ένα σύστημα των παραγρ. 3.2.2, 3.2.3 και 3.2.4.

4. Τρόπος φορτίσεως

4.1. Γενικά. Τα φορτία της δοκιμής εξασκούνται στον πάσσαλο κατά τρόπο ώστε το κέντρο του βάρους τους να βρίσκεται στην ευθεία προεκτάσεως του άξονα του πασσάλου.

Σημείωση 5. Όταν δοκιμάζονται πάσσαλοι τριβής σε συνεκτικά εδάφη με πίεση πόρων πρέπει να αφήνεται να περάσει σημαντικός χρόνος μεταξύ της εμπήξεως του πασσάλου και της δοκιμής φορτίσεως για να μειωθούν οι πιέσεις των πόρων και να αποκτήσει το έδαφος την αρχική του διατμητική αντοχή.

Το μήκος της περιόδου αναμονής εξαρτάται από το βαθμό διαταραχής του εδάφους κατά την έμπηξη του πασσάλου και από τις θιξοτροπικές ιδιότητες του εδάφους.

Η περίοδος αυτή αρχίζει μετά 3 έως 30 τουλάχιστον ημέρες από την έμπηξη του πασσάλου ή και περισσότερο και ο πραγματικός χρόνος αναμονής καθορίζεται με δοκιμές, π.χ. με διείσδυση πασσάλων ή από προηγούμενη εμπειρία.

4.2. Πρότυπη δοκιμή φορτίσεως. Αν δεν συμβεί πρώτα θραύση, το ολικό φορτίο της δοκιμής θα ανέλθει στο 200% του υπολογιζόμενου φορτίου του πασσάλου ή στο 150% του υπολογιζόμενου φορτίου της ομάδας των πασσάλων και θα εφαρμόζεται κατά βαθμίδες σε ποσοστό 25% του υπολογιζόμενου φορτίου. Κάθε αύξηση φορτίου διατηρείται μέχρις ότου οι υποχωρήσεις είναι μικρότερες των 0,25mm ανά ώρα ή επί δύο ώρες εάν δεν μετρούνται συνεχώς οι υποχωρήσεις. Εάν κατά τη φόρτιση του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων δεν προκληθεί θραύση αφήνουμε το ολικό φορτίο της δοκιμής να παραμείνει επί 48 ώρες. Εάν ο μέσος όρος των υποχωρήσεων είναι μικρότερος των 0,25mm ανά ώρα το ολικό φορτίο της δοκιμής μπορεί να αφαιρεθεί μετά από 24 ώρες. Μετά την παρέλευση του απαιτούμενου χρόνου του φορτίου αφαιρούμε το φορτίο βαθμιαία σε ποσοστό βαθμίδων 25% του υπολογιζόμενου φορτίου και σε χρονικά διαστήματα μιας ώρας μεταξύ των βαθμίδων.

Σημείωση 6. Η δοκιμή ενός πασσάλου μέχρι θραύσεως παρέχει πολύτιμες πληροφορίες στον μελετητή και συνιστάται για δοκιμαστικές φορτίσεις πασσάλων που γίνονται πριν από την μελέτη θεμελιώσεως ή για να εκτιμήσουμε συγκριτικά κατασκευή διαφόρων τύπων πασσάλων. Τέτοιες δοκιμές επιτρέπουν την εκλογή του βέλτιστου τύπου πασσάλου και του φορτίου υπολογισμού.

4.2.1. Άμεση Δοκιμή Φορτίσεως. Όταν εφαρμόζεται η δοκιμή φορτίσεως που περιγράφεται στην παραγρ. 2.5 η πρώτη αύξηση του φορτίου περιλαμβάνει το βάρος των δοκών και της πλατφόρμας. Πριν από την εφαρμογή ή την απομάκρυνση του φορτίου στερεώνονται σφιχτά οι σφήνες στις γωνίες ή στα άκρα της πλατφόρμας για να σταθεροποιήσουμε την πλατφόρμα. Τοποθετείται ή αφαιρείται το φορτίο κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται ισχυρές κρούσεις και να διατηρείται η πλατφόρμα σε ισορροπία.

Μετά από κάθε αύξηση φορτίου χαλαρώνονται οι σφήνες και διατηρούνται σε χαλαρή θέση για να εφαρμόζεται ολόκληρο το φορτίο κατά την υποχώρηση του πασσάλου.

4.3. Κυκλική Φόρτιση. Η αρχική εφαρμογή του φορτίου δοκιμής και η τελική απομάκρυνση του ολικού φορτίου, γίνονται σύμφωνα με την παράγραφο 4.2.

Μετά την εφαρμογή των φορτίων του 50%, 100% και 150% του υπολογιζόμενου φορτίου του πασσάλου ή του 50% και του 100% του υπολογιζόμενου φορτίου της ομάδας των πασσάλων, αφαιρείται το εξασκούμενο φορτίο κάθε περιπτώσεως σε ποσοστά μειώσεως ίσα προς τα ποσοστά αυξήσεως σε χρόνο 20 λεπτών μεταξύ των ποσοστών μειώσεως. Μετά την αφαίρεση κάθε ολικού φορτίου επαναλαμβάνουμε τη φόρτιση στο αρχικό της φορτίο με ποσοστό αυξήσεως ίσο προς το 50% του υπολογιζόμενου φορτίου του πασσάλου σε 20 λεπτά μεταξύ των ποσοστών φορτίσεως. Εφαρμόζεται το πρόσθετο φορτίο σύμφωνα με την παράγραφο 4.2.

4.4. Φόρτιση πέραν της πρότυπης δοκιμής. Μετά την εφαρμογή του φορτίου και την απομάκρυνση σύμφωνα με την παράγραφο 4.2 επαναφορτίζεται ο πάσσαλος ή η ομάδα των πασσάλων σύμφωνα με την πρότυπη δοκιμή σε ποσοστό φορτίου 50% του υπολογιζόμενου και σε χρόνο 20 λεπτών μεταξύ των διαδοχικών αυξήσεων. Μετά αυξάνεται το φορτίο με ποσοστά αυξήσεως 10% του υπολογιζόμενου φορτίου μέχρι του μέγιστου απαιτούμενου φορτίου ή μέχρι θραύσεως του εδάφους.

Τα διαστήματα μεταξύ των διαδοχικών αυξήσεων ανέρχονται σε χρόνο 20 λεπτών. Αν δεν συμβεί θραύση διατηρείται το ολικό φορτίο για 2 ώρες και στη συνέχεια απομακρύνεται το φορτίο σε τέσσερες ίσες βαθμίδες αφήνοντας χρόνο 20 λεπτών μεταξύ δύο διαδοχικών μειώσεων του φορτίου.

4.5. Μέθοδος σταθερής ταχύτητας διεισδύσεως του πασσάλου. Η δοκιμή φορτίσεως του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων χρησιμοποιεί τη μέθοδο της σταθερής ταχύτητας διεισδύσεως αυτών. Οι συσκευές για την εφαρμογή του φορτίου θα έχουν την ικανότητα που περιγράφεται στην παρ. 2.3 ή 2.4. Ο υδραυλικός γρύλος θα πρέπει να έχει διαδρομή μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη υποχώρηση του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων, αλλά όχι μικρότερη του 25% της διαμέτρου του πασσάλου ή της διαγωνίου αυτού. Μια μηχανική αντλία μεταβλητής ταχύτητας ή άλλος μηχανισμός ήπιας και μεταβλητής παροχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Η ταχύτητα διεισδύσεως θα είναι 0,25 ÷ 1,25 mm ανά λεπτό για τα συνεκτικά εδάφη και 0,75 ÷ 2,5 mm ανά λεπτό για τα κοκκώδη εδάφη εκτός αν ορίζεται διαφορετικά. Το φορτίο πρέπει να μεταβάλλεται ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή σταθερή ταχύτητα διεισδύσεως του πασσάλου. Η ταχύτητα διεισδύσεως ελέγχεται κατά μικρά ίσα χρονικά διαστήματα. Συνεχίζεται η φόρτιση του πασσάλου μέχρις ότου δεν απαιτείται άλλη αύξηση του φορτίου για τη σταθερή διείσδυση του πασσάλου, εκτός αν σημειωθεί άρνηση στη διείσδυση ή φθάσουμε στο φορτίο της συσκευής. Διατηρείται το φορτίο που χρειάζεται για τη σταθερή διείσδυση

του πασσάλου μέχρις ότου επιτευχθεί διείσδυση του πασσάλου τουλάχιστο ίση προς το 15% της μέσης διαμέτρου του πασσάλου ή της διαγωνίου αυτού και στη συνέχεια αφαιρείται το φορτίο.

4.6. Φόρτιση κατά σταθερά χρονικά διαστήματα. Φορτίζεται ο πάσσαλος ή η ομάδα των πασσάλων κατά σταθερά χρονικά διαστήματα. Το ολικό φορτίο της δοκιμής θα είναι σύμφωνο με την παραγρ. 4.2 και θα εφαρμόζεται κατά ποσοστό αυξήσεως ίσο προς το 20% του φορτίου του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων σε χρονικά διαστήματα μιας ώρας. Αν δεν συμβεί θραύση το ολικό φορτίο διατηρείται για 24 ώρες και στη συνέχεια αφαιρείται σε τέσσερις ίσες βαθμίδες κατά χρονικά διαστήματα μιας ώρας.

4.7. Ταχεία δοκιμή φορτίσεως. Φορτίζεται ο πάσσαλος ή ομάδα των πασσάλων κατά τη μέθοδο της ταχείας φορτίσεως. Οι συσκευές για την εφαρμογή των φορτίων έχουν τις ικανότητες εκείνων της παρ. 2.3 ή 2.4. Εφαρμόζεται το φορτίο σε βαθμίδες 10% έως 15% του προτεινομένου λειτουργικού φορτίου του πασσάλου και για χρονικό διάστημα 2.5 λεπτών για κάθε βαθμίδα φορτίσεως. Αυξάνουμε το φορτίο δοκιμής μέχρις ότου φθάσουμε το απαιτούμενο φορτίο ή μέχρις ότου εξαντληθεί η δυναμικότητα της συσκευής φορτίσεως. Μετά από την παρέλευση 5 λεπτών αφαιρείται όλο το φορτίο.

4.8. Φόρτιση με έλεγχο των υποχωρήσεων. Φορτίζεται ο πάσσαλος ή η ομάδα των πασσάλων με τη μέθοδο ελέγχου των υποχωρήσεων. Το σύστημα εξασκήσεως του φορτίου θα έχει μια προκαθορισμένη δυναμικότητα και θα είναι σύμφωνο προς τις παραγράφους 2.3 και 2.4.

Εφαρμόζονται τέτοια φορτία ώστε να προκληθούν διαδοχικές καθιζήσεις, (υποχωρήσεις), του πασσάλου περίπου ίσες προς το 1% της μέσης διαμέτρου του πασσάλου ή το 1% του μήκους της διαγωνίου του. Το φορτίο σε κάθε βαθμίδα φορτίσεως μεταβάλλεται όσο είναι αναγκαίο για να διατηρηθεί η σταθερή υποχώρηση ενώ η εξάσκησή του συνεχίζεται μέχρις ότου ο ρυθμός μεταβολής του είναι μικρότερος από το 0.1% του ολικού φορτίου ανά ώρα.

Η φόρτιση του πασσάλου ή της ομάδας των πασσάλων συνεχίζεται μέχρις ότου η ολική υποχώρηση φθάσει το 10% είτε της μέσης διαμέτρου του πασσάλου ή του μήκους της διαγώνίου του, εκτός εάν νωρίτερα εξαντληθεί η δυνάτότητα φορτίσεως της συσκευής.

Η φόρτιση κατά την τελευταία βαθμίδα υποχωρήσεως θα διατηρηθεί μέχρις ότου ο ρυθμός μεταβολής του φορτίου γίνει μικρότερος από το 0,1% του ολικού φορτίου ανά ώρα. Αμέσως μετά γίνεται αποφόρτιση του πασσάλου, μέχρι μηδενισμού του φορτίου, σε τέσσερις ίσες βαθμίδες αποφορτίσεως. Μετά την αφαίρεση του φορτίου, σε κάθε βαθμίδα αποφορτίσεως, δεν θα αφαιρείται πρόσθετο φορτίο εάν προηγουμένως ο ρυθμός της ανυψώσεως του πασσάλου δεν γίνει μικρότερος από το 0,3% της διαμέτρου του πασσάλου ή του μήκους της διαγωνίου του ανά ώρα.

5. Τρόπος μετρήσεως των υποχωρήσεων του πασσάλου

5.1. Γενικά. Παίρνονται μετρήσεις επί του πασσάλου, του κεφαλόδεσμου της ομάδας ή της πλάκας φορτίσεως με την προϋπόθεση ότι η πλάκα είναι συγκολλημένη με τον πάσσαλο ή ότι οι σχετικές μετακινήσεις μεταξύ της πλάκας και του πασσάλου και του κεφαλοδέσμου μετρούνται σε δύο διαμετρικά σημεία της πλάκας. Όταν χρησιμοποιείται η φόρτιση της παραγράφου 2.5 δεν παίρνουμε τις μετρήσεις πριν η δοκός φορτίσεως και η πλατφόρμα μεταβιβάσουν το φορτίο στην πλάκα.

5.2. Πρότυπος τρόπος μετρήσεως. Λαμβάνονται αναγνώσεις, (μετρήσεις), του χρόνου, του φορτίου και της κινήσεως και σημειώνονται πριν και μετά από την εφαρμογή κάθε αυξήσεως ή μειώσεως αυτού.

Κατά τη διάρκεια της φορτίσεως, εάν δεν έχει γίνει θραύση παίρνονται πρόσθετες μετρήσεις και σημειώνονται κατά διαστήματα που δεν ξεπερνούν τα 10 λεπτά στην πρώτη μισή ώρα και τα 20 λεπτά μετά μισή ώρα, για κάθε φόρτιση. Μετά την εφαρμογή του ολικού φορτίου και αν δεν έχει γίνει θραύση, παίρνονται μετρήσεις κατά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 20 λεπτών για τις πρώτες δύο ώρες, κατά διαστήματα όχι μεγαλύτερα της 1 ώρας για τις δέκα επόμενες ώρες, όχι μεγαλύτερα των 2 ωρών για τις επόμενες 12 ώρες και δεν πρέπει να ξεπερνούν τις 4 ώρες για κάθε παραμονή του φορτίου πέραν των 48 ωρών. Κατά την αποφόρτιση παίρνονται μετρήσεις και σημειώνονται κατά διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 20 λεπτών. Επίσης παίρνεται μια τελική μέτρηση 12 ώρες μετά την αφαίρεση του ολικού φορτίου.

5.3. Αναγνώσεις για φόρτιση με σταθερή ταχύτητα υποχωρήσεων. Παίρνονται αναγνώσεις του φορτίου, του χρόνου και των υποχωρήσεων ανά 30 δευτερόλεπτα ή κατά ικανά διαστήματα για τον προσδιορισμό της ταχύτητας υποχωρήσεων του πασσάλου. Όταν ο πάσσαλος ή η ομάδα των πασσάλων αποκτήσουν την επιθυμητή ταχύτητα διεισδύσεως συνεχίζεται η λήψη και η καταγραφή αναγνώσεων μέχρι το τέλος της φορτίσεως και καθορίζεται το μέγιστο φορτίο που επιβλήθηκε. Κατά την αποφόρτιση παίρνονται κάθε λεπτό και σημειώνονται αναγνώσεις του φορτίου του χρόνου και της ανυψώσεως. Η τελική μέτρηση παίρνεται και σημειώνεται μια ώρα μετά την αφαίρεση του ολικού φορτίου.

5.4. Αναγνώσεις για την ταχεία δοκιμή φορτίσεως. Παίρνονται αναγνώσεις του φορτίου, του χρόνου και των υποχωρήσεων και σημειώνονται αμέσως πριν και μετά την προσθήκη κάθε αυξήσεως του φορτίου. Μετά την επιβολή του μέγιστου φορτίου παίρνονται μετρήσεις και σημειώνεται ο χρόνος επιβολής του φορτίου. Επαναλαμβάνονται οι μετρήσεις στα 2,5 και 5 λεπτά μετά την προσθήκη του ολικού φορτίου. Μετά την αποφόρτιση παίρνονται αναγνώσεις του χρόνου και των υπερυψώσεων μετά παρέλευση 2,5 και 5 λεπτών.

5.5. Αναγνώσεις για φόρτιση ελεγχόμενων υποχωρήσεων. Παίρνονται αναγνώσεις του φορτίου, του χρόνου και των υποχωρήσεων και σημειώνονται αμέσως πριν και μετά από κάθε αύξηση του φορτίου με σημαντικό αριθμό ενδιάμεσων μετρήσεων κατά τρόπο που να ελέγχεται η ταχύτητα μεταβολής του απαιτούμενου φορτίου για τη διατήρηση των αυξήσεων των υποχωρήσεων. Παίρνονται επίσης μετρήσεις του φορτίου του χρόνου και των υπερυψώσεων και σημειώνονται αμέσως πριν και μετά την αφαίρεση κάθε φορτίου και σημαντικός αριθμός ενδιαμέσων μετρήσεων κατά τρόπο που να ελέγχεται η ταχύτητα υπερυψώσεως του πασσάλου.

Η τελική μέτρηση παίρνεται 12 ώρες μετά την ολική αποφόρτιση του πασσάλου.

Σημείωση 7. Οι δοκοί στηρίξεως των μηκυνσιομέτρων και το σύστημα αντιδράσεως του φορτίου χωροσταθμούνται για να ελέγχονται τυχόν μετακινήσεις. Η χωροστάθμιση γίνεται πριν την εφαρμογή κάθε φορτίου. Επίσης γίνεται όταν η αύξηση του φορτίου φθάσει το φορτίο του πασσάλου, στο μέγιστο φορτίο της δοκιμής και μετά την αφαίρεση ολοκλήρου του φορτίου. Ενδιάμεσες χωροσταθμίσεις μπορεί να γίνουν μόνο όταν τα αποτελέσματα κατά τη φόρτιση εμφανίζουν ασυνήθεις αποκλίσεις.

Σημείωση 8. Όταν οι φορτίσεις γίνονται σε πασσάλους που είναι σε εκσκαφές κοκκωδών εδαφών με υψηλό υδροφόρο ορίζοντα και προηγουμένως έχει γίνει αποστράγγιση της εκσκαφής και υποβιβασμός του υδροφόρου ορίζοντα, θα πρέπει κατά τη διάρκεια της φορτίσεως η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα να βρίσκεται κατά το δυνατό στο πραγματικό της υψόμετρο και να ελέγχεται με μετρήσεις.

6. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

6.1. Για κάθε φόρτιση γίνεται έκθεση στην οποία σημειώνονται τα εξής:

6.1.1. Σε ειδικό έντυπο σημειώνονται οι αναγνώσεις των υποχωρήσεων ή των υπερυψώσεων του πασσάλου στα τακτά διαστήματα, οι συνολικοί χρόνοι από την έναρξη της φορτίσεως και τα επιβαλλόμενα φορτία.

6.1.2. Περιγράφονται οι εδαφικές συνθήκες στη θέση της φορτίσεως καθώς και κάθε άλλο στοιχείο για την περιγραφή του εδάφους και των ιδιοτήτων του.

6.1.3. Περιγράφεται ο τύπος του πασσάλου, ο τρόπος εμπήξεώς του και κάθε πρόσθετο στοιχείο που παρατηρήθηκε κατά την έμπηξη. Επίσης σημειώνονται οι κρούσεις της σφύρας για κάθε διείσδυση 30 cm και η τελική αντίσταση διεισδύσεως σε κτύπους ανά 25 mm διεισδύσεως για τα τελευταία 75 mm διεισδύσεως του πασσάλου.

6.1.4. Περιγράφεται η σφύρα και η ταχύτητα λειτουργίας κατά την έμπηξη.

6.1.5. Περιγράφεται η μέθοδος φορτίσεως και οι συνθήκες του πασσάλου.

6.1.6. Τα αποτελέσματα της δοκιμής απεικονίζονται γραφικά σε διαγράμματα χρόνου - φορτίου - υποχωρήσεων.

6.1.7. Σημειώνεται κάθε παρατήρηση κατά τη δοκιμή της φορτίσεως.

6.1.8. Σημειώνονται τα στοιχεία του έργου, η τοποθεσία, ο ιδιοκτήτης, ο κατασκευαστής κ.λπ.

7. Βιβλιογραφία

7.1. AS.T.M. D 1143-74

7.2. Earth Manual E-26

6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

1. Σκοπός

1.1. Η Προδιαγραφή αυτή έχει σκοπό να περιγράψει, τις διάφορες μεθόδους προσδιορισμού της διαπερατότητας επί τόπου κατά την πρόοδο των γεωτρήσεων ή και μετά το τέλος τους.

Η ακρίβεια των τιμών εξαρτάται από την ομοιογένεια ή μη των εδαφών και από ορισμένους περιορισμούς ως προς την ισχύ των μαθηματικών τύπων που χρησιμοποιούνται. Αν όμως δοθεί προσοχή κατά την εκτέλεση της μετρήσεως σύμφωνα προς τις μεθόδους που συνιστώνται εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

Οι μέθοδοι μετρήσεως της υδατοπερατότητας επί τόπου βασίζονται στη μέτρηση της ποσότητας του νερού που απορροφάται από το έδαφος δια μέσου του ανοικτού πυθμένα της επενδύσεως μιας γεωτρήσεως ή μέσω μιας ανεπένδυτης κυλινδρικής επιφάνειας γεωτρήσεως. Απαραίτητη προϋπόθεση για την ορθή διεξαγωγή της δοκιμής είναι η χρήση απόλυτα καθαρού νερού, γιατί έστω και μικρή ποσότητα ιλύος ή αργίλου μέσα στο νερό που εισπιέζεται έχει σαν αποτέλεσμα το φράξιμο των πόρων του εδάφους και την λανθασμένη εκτίμηση της διαπερατότητας, (μικρότερη από την πραγματική).

Επίσης κατά την εκτέλεση των εισπιέσεων πρέπει απαραίτητα να αποφεύγεται η χαλάρωση των τοιχωμάτων της οπής και η παράκαμψη των παρεμβυσμάτων στεγανότητας από τη ροή, λόγω χαλαρώσεως του εδάφους ή κακής επαφής μεταξύ παρεμβύσματος και εδάφους. Σε περίπτωση τέτοιου κινδύνου, π.χ. χαλαρά αμμοχαλικώδη εδάφη, είναι σκοπιμώτερη η εφαρμογή της μεθόδου ανοικτού πυθμένα χωρίς πίεση.

Πριν από την έναρξη των εισπιέσεων πρέπει να γίνεται έλεγχος των συσκευών με πίεση.

Τέλος πρέπει κατά τους υπολογισμούς να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες φορτίου λόγω αλλαγής διαμέτρων, καμπών και λοιπών ανωμαλιών.

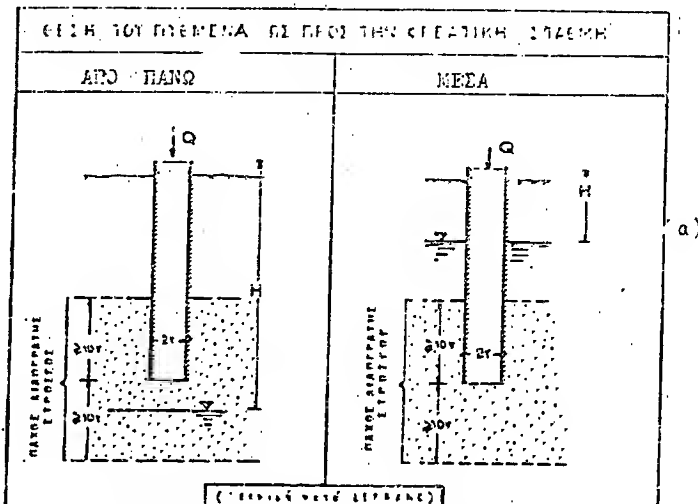
2. Εξοπλισμός

2.1. Εκτός από το γεωτρύπανο και τις σωληνώσεις, τα όργανα που χρειάζονται για τη δοκιμή χωρίς πίεση είναι, όργανο μετρήσεως της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, δοχεία αποθηκεύσεως νερού, ογκομετρημένο δοχείο για τη μέτρηση του όγκου του νερού, χρονόμετρο. Στην περίπτωση που η δοκιμή γίνεται με πίεση ο απαραίτητος εξοπλισμός είναι, σωλήνες νερού, αντλία για την εισπίεση, παρεμβύσματα, μετρητής παροχής νερού, μετρητής εξασκούμενης πιέσεως, μετρητής στάθμης υδροφόρου ορίζοντα.

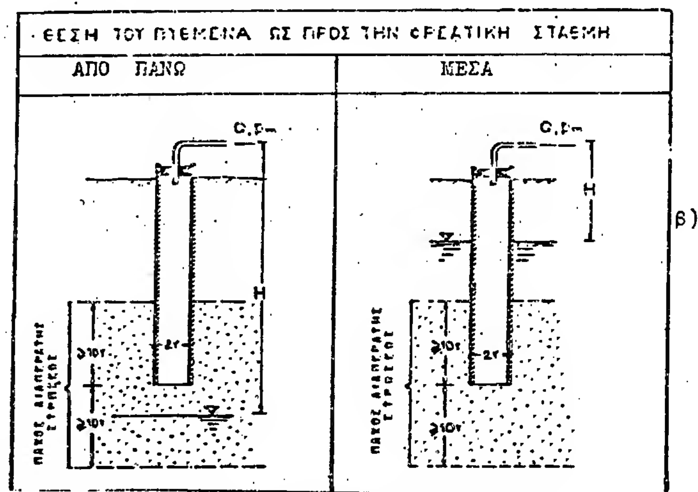
3. Μέτρηση της διαπερατότητας εδαφών που καταπίπτουν μέσα σε γεωτρήσεις επί τόπου του έργου (Lefranc)

3.1. Στα εδάφη αυτά για τη συγκράτηση των τοιχωμάτων της οπής τοποθετείται σωλήνωση επενδύσεως.

Η δοκιμή εκτελείται σε κατιόντα βήματα παράλληλα προς τη διάνοιξη της γεωτρήσεως. Μετά την τοποθέτηση της επενδύσεως μέχρις ένα ορισμένο βάθος η οπή καθαρίζεται με επιμέλεια ακριβώς μέχρι το κάτω χείλος της.



Σχ. 1α. Δοκιμή ανοικτού πυθμένα χωρίς πρόσθετη πίεση.



Σχ. 1β. Δοκιμή ανοικτού πυθμένα με πρόσθετη πίεση.
(Σωλήνωση επενδύσεως απόλυτα στεγανή)

Αν η οπή εκτείνεται κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα επιβάλλεται να διατηρείται γεμάτη από νερό κατά τη διάρκεια του καθαρισμού ιδιαίτερα κατά την ανέλκυση των εργαλείων του γεωτρυπάνου για την αποφυγή καταπτώσεων εδάφους μέσα στην οπή.

Μετά τον καθαρισμό της οπής αρχίζει η δοκιμή ανοικτού πυθμένα με εισαγωγή καθαρού νερού μέσω ενός καταλλήλου συστήματος μετρήσεως, ώστε να εφαρμοσθεί σταθερή πίεση νερού και να αποκατασταθεί σταθερή απορροφούμενη παροχή, Σχ. 1α.

Σε δοκιμές πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα σπάνια επιτυγχάνεται σταθερή στάθμη. Μια διακύμανση της στάθμης της τάξεως των 5-10 εκ. κατά σταθερό ρυθμό επί 5 περίπου λεπτά θεωρείται ικανοποιητική.

Εάν είναι απαραίτητη η εφαρμογή πιέσεως στο νερό που διοχετεύεται, (συνηθισμένη περίπτωση σε ημιδιαπερατά εδάφη), η πίεση σε μονάδες στήλης νερού προστίθεται στο γεωμετρικό ύψος όπως φαίνεται στο Σχ. 1β.

Όταν εφαρμόζεται νερό υπό πίεση, η οπή της γεωτρήσεως φράζεται με την εισαγωγή ενός παρεμβύσματος μέσα στη σωλήνωση, (Σχ. 1β). Αυτό αφενός εξασφαλίζει την απομόνωση ενός μέρους της οπής, αφετέρου επιτρέπει την διέλευση του υπό πίεση νερού.

Το πιο απλό παρέμβυσμα αποτελείται από μια σειρά δερμάτινες ροδέλλες συσφιγμένες γύρω από τον σωλήνα εισπιέσεως του νερού και των οποίων το εξωτερικό τοίχωμα εφαρμόζει στα τοιχώματα της γεωτρήσεως. Ο τύπος αυτός παρεμβύσματος χρησιμοποιείται σε γεωτρήσεις των οποίων οι παρειές είναι πολύ λείες (όπως προκύπτουν από τη χρήση αδαμαντοκορώνας όπως είναι οι παρειές επενδύσεως).

Σε γεωτρήσεις με ανώμαλες παρειές οι δερμάτινες ροδέλλες αντικαθίστανται με αντίστοιχες από καουτσούκ. Αφού φθάσει το

παρέμβυσμα στο επιθυμητό βάθος με ειδική διάταξη, διοχετεύεται μέσα στις ροδέλλες αέρας υπό πίεση έτσι ώστε αυτές διογκώνονται και εφαρμόζουν σε όλες τις ανωμαλίες των παρειών.

Η πρόσφυση με τις παρειές είναι τέτοια ώστε να αντιτίθεται στην από κάτω πίεση του νερού. Το σύστημα, επειδή είναι πολύπλοκο, είναι πολύ δύσχρηστο για βάθη της τάξεως των 50 ή 100m.

3.2. *Υπολογισμός.* Η διαπερατότητα K λαμβάνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$K = \frac{Q}{5{,}5\, rH}$$

Q = Σταθερά παροχή διαμέσου της οπής.
2r = Εσωτερική διάμετρος επενδύσεως.
H = Ύψος στήλης νερού.

Ο συντελεστής διαπερατότητας K επηρεάζεται κυρίως από την κατακόρυφη διαπερατότητα του εδάφους (όπως είναι γνωστό η οριζόντια και η κατακόρυφη διαπερατότητα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους).

Επειδή η διατομή του εδάφους απ' όπου διοχετεύεται το νερό είναι μικρή, είναι επόμενο ο προσδιορισμός του K με τη μέθοδο αυτή να επηρεάζεται πολύ από τις ανομοιογένειες του εδάφους, (π.χ. ύπαρξη χαλικιών μεγάλων διαστάσεων κάτω από την οπή). Για το λόγο αυτό η δοκιμή πρέπει να εφαρμόζεται μόνο στα λεπτοκοκκώδη εδάφη.

3.3. Σε εδάφη λεπτόκοκκα προτείνεται σε συνέχεια της πιο πάνω δοκιμής η ακόλουθη:

Ανασύρεται η επένδυση ενώ συγχρόνως η οπή γεμίζεται, σε ύψος L≈2 μέτρων περίπου, με χαλίκια που τα κενά τους να είναι αρκετά μεγάλα ώστε η απώλεια φορτίου να μην είναι αισθητή. Σχ. 2.

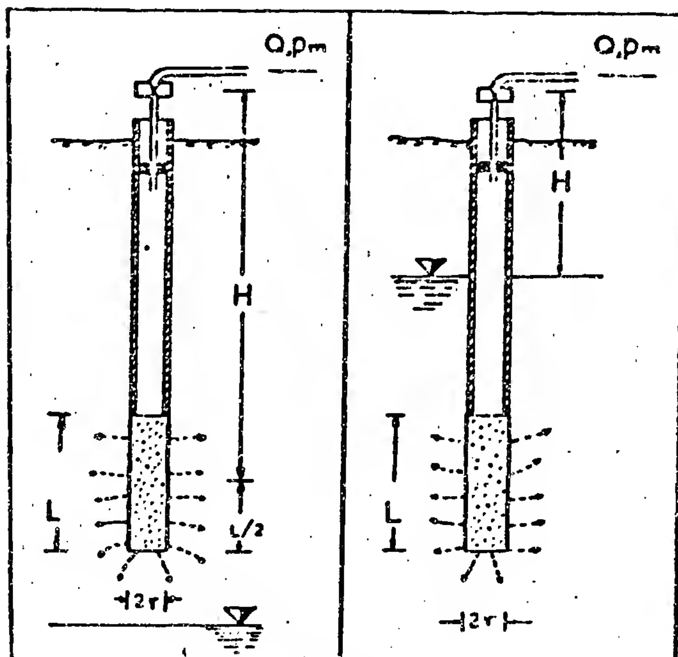
Η εκτέλεση της δοκιμής γίνεται όπως και προηγουμένως με εισπίεση ή με την πίεση μόνο του νερού που βρίσκεται μέσα στην οπή.

Ο τύπος που δίνει την διαπερατότητα K είναι:

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \times \log_e \frac{L}{r} \quad \text{για } L \geqslant 10r$$

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \times \sinh^{-1} \frac{L}{2r} \quad \text{για } 10r > L \geqslant r$$

Q = Σταθερή παροχή που διοχετεύεται στην οπή.
L = Μήκος του τμήματος της οπής που βρίσκεται υπό δοκιμή.



Σχήμα 2

H = Ύψος στήλης νερού.
r = Ακτίνα οπής.
$\log_e$ = Φυσικός λογάριθμος.
$\sinh^{-1}$ = Τόξο υπερβολικού ημιτόνου.

Οι πιο πάνω τύποι έχουν ισχύ μεγαλύτερη αν το πάχος του υπό δοκιμή στρώματος είναι τουλάχιστον πενταπλάσιο από το μήκος L. είναι δε ακριβέστεροι για δοκιμές κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα.

Είναι αυτονόητο ότι η τιμή του K επηρεάζεται κυρίως από την οριζόντια διαπερατότητα.

Μετά το τέλος της δοκιμής ανασύρεται το παρέμβυσμα και με το γεωτρύπανο διανοίγεται το πληρωμένο τμήμα από χαλίκια, ενώ αντίστοιχα κατεβαίνει και η σωλήνωση επενδύσεως και συνεχίζεται η γεώτρηση μέχρι σε ένα βάθος όπου θα γίνει η επόμενη δοκιμή σύμφωνα προς την πιο πάνω διαδικασία.

Η πίεση κατά τη διάρκεια της δοκιμής αυξάνει προοδευτικά μέχρι μια ανώτατη τιμή που ορίζεται από τον μελετητή στη συνέχεια δε εφαρμόζονται οι ίδιες πιέσεις με κατιούσα κλίμακα.

Κάθε βαθμίδα πιέσεως εφαρμόζεται για ορισμένο χρόνο 10 περίπου πρώτων λεπτών μετά την αποκατάσταση σταθερών συνθηκών ροής.

Με την εκτέλεση και των δύο πιο πάνω δοκιμών στην ίδια θέση βαθμολογείται η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της πρώτης η οποία είναι κατά πολύ πιο απλή και που μπορεί να γίνεται συχνότερα.

3.4. Σε εδάφη κοκκώδη συνιστάται η πιο κάτω μέθοδος εισπιέσεων. Διανοίγεται η γεώτρηση μέχρι το απαιτούμενο βάθος και στη συνέχεια ανασύρεται ο σωλήνας ενώ ταυτόχρονα η οπή γεμίζεται με χαλίκια τα κενά των οποίων είναι αρκετά μεγάλα ώστε η απώλεια φορτίου να μην είναι αισθητή.

Η ανάσυρση γίνεται για το πρώτο βήμα επί μήκους δύο περίπου μέτρων, το δε νερό εισπιέζεται με τη βοήθεια ενός παρεμβύσματος που απομονώνει την οπή από πάνω.

Μετά το τέλος της δοκιμής ο σωλήνας ανασύρεται πιο πολύ με σύγχρονη πλήρωση της οπής με χαλίκια και εκτελείται η δοκιμή σε νέα θέση με αυξημένο L (Σχ. 2).

Ο τύπος που δίνει την διαπερατότητα K είναι ο ίδιος με αυτόν στην προηγούμενη παράγραφο 3.3.

Η δοκιμή αυτή δίνει αντιπροσωπευτική τιμή διαπερατότητας με την προϋπόθεση ότι το στρώμα που εισπιέζεται σε όλο το ύψος είναι αρκετά ομοιογενές.

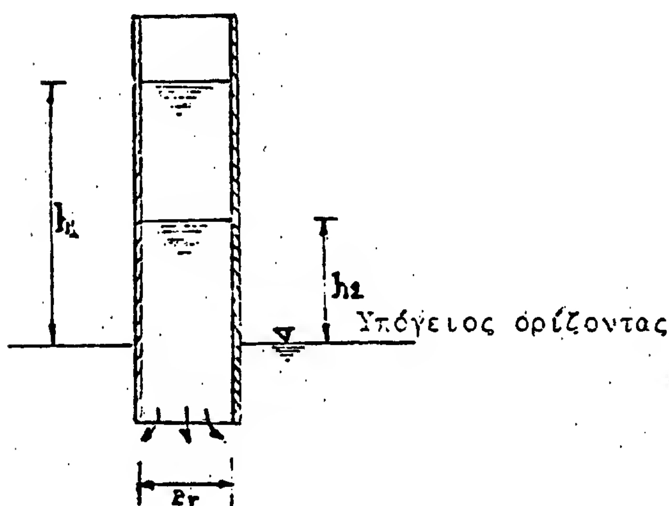
Σε περίπτωση όπου παρουσιάζονται ενδιάμεσα στρώματα διάφορης διαπερατότητας θα ήταν δυνατόν ν' απομονωθούν αυτά με την ρίψη μέσα στην οπή και πάνω στα χαλίκια που έχουν τοποθετηθεί, αργίλου ή σκυροδέματος και εκτέλεση της δοκιμής από το σημείο αυτό και πάνω.

3.5. Αν κατά την πρόοδο της γεωτρήσεως διαπιστωθεί ότι η εξόλκευση των σωλήνων είναι αδύνατη (περίπτωση συμπυκνωμένου αμμοχάλικου), πρέπει να προβλεφθεί στην επόμενη γεώτρηση τμήμα της επενδύσεως διάτρητο στα βάθη εκείνα, όπου είναι επιθυμητή η εκτέλεση δοκιμών εισπιέσεως.

Τα διάτρητα αυτά μήκη πρέπει να είναι της τάξεως του 1,5μ. και το ποσοστό των οπών σχετικά προς την όλη περιμετρική επιφάνεια πρέπει να είναι περίπου 20%.

4. Μια πολύ απλή μέθοδος, (MAAG), υπολογισμού της διαπερατότητας εδάφους μέσης διαπερατότητας που βρίσκεται κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα είναι η πιο κάτω δοκιμή.

Γεμίζεται η οπή μέχρι τη στάθμη h_1, πάνω από τον υπόγειο ορίζοντα με νερό καθαρό και αφήνεται χρονικό διάστημα T, ώστε να κατέβει η στάθμη στο h_2, (Σχ. 3).



Σχήμα 3.

Ο τύπος που δίνει τη διαπερατότητα είναι:

$$K = \frac{r}{4T} \cdot \log_e\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

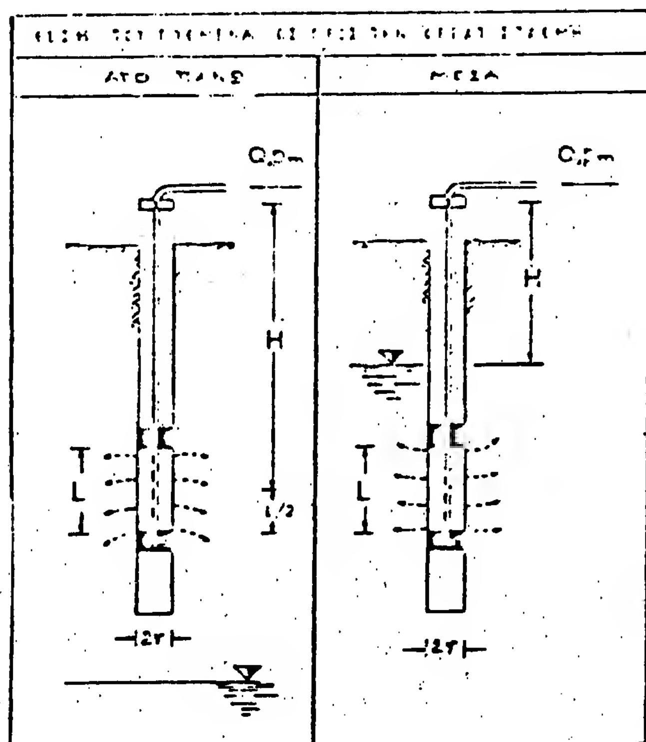
5. Μέτρηση της διαπερατότητας σε γεώτρηση αυτοσυγκρατούμενων εδαφών επί τόπου του έργου (Lugeon)

5.1. Στην περίπτωση αυτή η συνηθισμένη διαδικασία, (δοκιμή εισπιέσεως με 2 παρεμβύσματα), είναι η εξής:

Εκτελείται η γεώτρηση μέχρι το τέρμα της, γεμίζεται με νερό και καθαρίζεται ο πυθμένας.

Οι εισπιέσεις εκτελούνται με ανιόντα βήματα με τη βοήθεια δύο παρεμβυσμάτων που συνδέονται με ένα σωλήνα που είναι διάτρητος στο μεταξύ των παρεμβυσμάτων τμήμα.

Μέσω του διάτρητου αυτού τμήματος εισπιέζεται το νερό στο απομονωμένο μεταξύ των δύο παρεμβυσμάτων τμήμα της γεωτρήσεως που πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον πενταπλάσιο της διαμέτρου της οπής, Σχήμα 4.



Σχήμα 4.

Εφαρμόζονται πιέσεις με αύξοντα ρυθμό μέχρι μια ανώτατη τιμή που ορίζεται από τον μελετητή στη συνέχεια δε με φθίνοντα ρυθμό μέχρι το μηδενισμό της πιέσεως.

Κάθε βαθμίδα πιέσεως ανιούσα ή κατιούσα εφαρμόζεται περίπου για 10 πρώτα λεπτά μετά την αποκατάσταση σταθερών συνθηκών ροής.

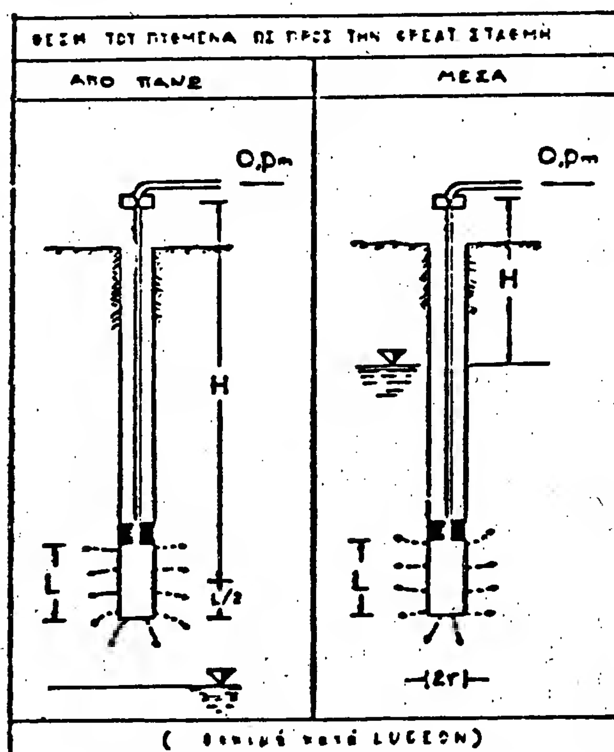
Οι τύποι που δίνουν τη διαπερατότητα είναι οι εξής:

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \times \log_e \frac{L}{r} \quad \text{για } L \geqslant 10r$$

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \times \sinh^{-1} \frac{L}{2r} \quad \text{για } 10r > L \geqslant r$$

Το μήκος L πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε η επίδραση τυχόν απωλειών νερού από τα παρεμβύσματα να είναι ασήμαντη.

5.2. Εκτός από τη συνηθισμένη διαδικασία που έχει περιγραφεί μπορεί να γίνει η δοκιμή με κατιόντα βήματα κατά την εκτέλεση της γεωτρήσεως, Σχ. 5.



Σχήμα 5.

Στο βάθος όπου έχει προγραμματισθεί η εκτέλεση της δοκιμής εισπιέσεως κατεβαίνει ο σωλήνας εισπιέσεως, με ένα παρέμβυσμα που απομονώνει από πάνω την οπή. Ο τύπος που δίνει την διαπερατότητα είναι ο ίδιος που δίνεται στην παράγραφο 5.1.

6. Βιβλιογραφία

6.1. Earth Manual Designation E-18.

7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΥΔΑΤΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΩΣ

1. Σκοπός

Η Προδιαγραφή αυτή έχει σαν σκοπό να περιγράψει τον τρόπο προσδιορισμού της διαπερατότητας των εδαφών, με τη βοήθεια αντλήσεως από ένα φρεάτιο ή γεώτρηση και με μέτρηση αφενός της αντλούμενης παροχής, αφετέρου της πτώσεως της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου ορίζοντα.

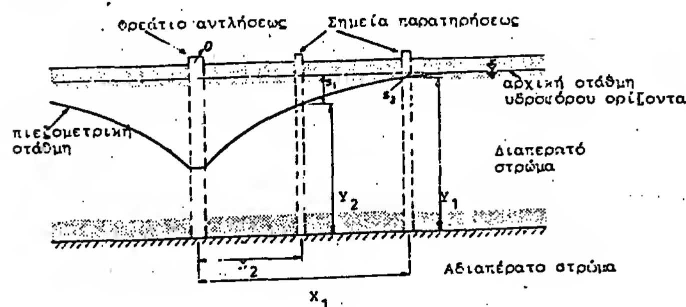
2. Εξοπλισμός

Για την εκτέλεση της δοκιμής εκτός από τη διάνοιξη των φρεάτων ή των γεωτρήσεων, είναι απαραίτητα και τα: Αντλία ή αντλία μικρών διαστάσεων (πομόνα), στην περίπτωση των γεωτρήσεων, μετρητής νερού, συσκευή προσδιορισμού στάθμης υδροφόρου ορίζοντα, χρονόμετρο.

3. Δοκιμή

3.1. Η δοκιμή μπορεί να γίνει σε ομοιογενές διαπερατό στρώμα με οριζόντιο υδάτινο ορίζοντα, κάτω από το οποίο υπάρχει αδιαπέρατο στρώμα, Σχ. 1, ή σε αρτεσιανό υδροφόρο στρώμα, Σχ. 2. Και στις δύο περιπτώσεις το φρεάτιο ή η γεώτρηση πρέπει να εκτείνονται σε όλο το πάχος της υδροπερατής στρώσεως και να φθάνουν μέχρι το υποκείμενο αδιαπέρατο στρώμα.

Η άντληση και στις δύο περιπτώσεις συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθούν σταθερές συνθήκες ροής. Τότε μετράται η τελική παροχή με ογκομέτρηση της ποσότητας του νερού που αντλείται. Ο προσδιορισμός των μεγεθών X1 και X2 γίνεται με χωροστάθμιση, των Y1 και Y2 με βυθομέτρηση ή με ειδική συσκευή προσδιορισμού της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, σε κανονικά χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 1.

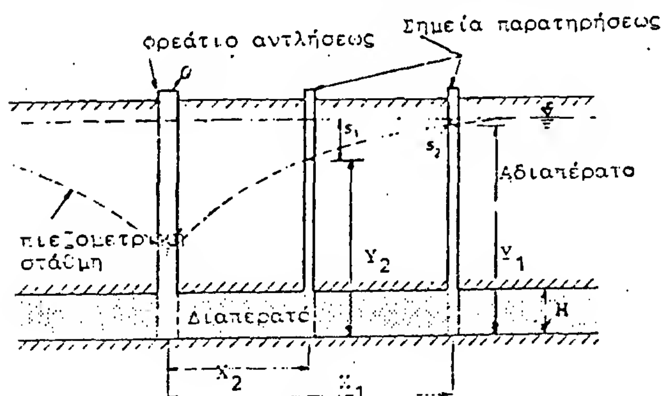
3.2. Το φρεάτιο αντλήσεως πρέπει να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλη διάταξη επενδύσεως των τοιχωμάτων ώστε και να αποφεύγεται μετακίνηση κόκκων εδάφους κατά την άντληση, αλλά και να επιτρέπεται η ανεμπόδιστη ροή του νερού.

Στην περίπτωση της γεωτρήσεως αυτής επενδύεται κατά την εκτέλεσή της με σωλήνα διαμέτρου 25-30 cm.

Στη συνέχεια, ομόκεντρα, τοποθετείται διάτρητος σωλήνας με διάμετρο μικρότερη κατά 15cm από τη διάμετρο του εξωτερικού σωλήνα. Μεταξύ των δύο σωλήνων προστίθεται φίλτρο άμμου ενώ ταυτόχρονα εξάγεται ο εξωτερικός σωλήνας της γεωτρήσεως.

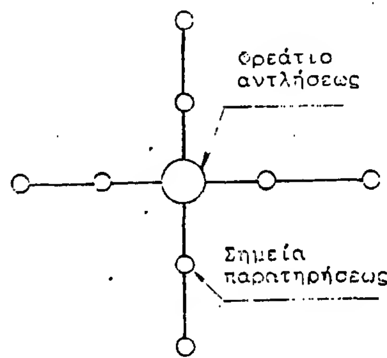
Το φίλτρο αποτελείται από καθαρή χονδρή και μέση άμμο, (3-0,2 mm), ο δε διάτρητος σωλήνας καλύπτεται συνήθως με πλέγμα βροχίδας 0,5 - 0,75 mm. Ο σωλήνας αναροφήσεως της αντλίας πρέπει να έχει διάμετρο 5-7,6 cm, (κατά προτίμηση ελαστικός οπλισμένος) και να φέρει στο κάτω άκρο ποτήρι αναρροφήσεως με βαλβίδα αντεπιστροφής.

Η αντλία συνδέεται απαραίτητα με ένα μετρητή παροχής νερού ακριβείας και με διακόπτη στραγγαλισμού της ροής.



Σχήμα 2.

3.3. Για τον προσδιορισμό της πιεζομετρικής στάθμης και την εξακρίβωση της διευθύνσεως κινήσεως των νερών γύρω από το σημείο αντλήσεως είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός πλήρους δικτύου σημείων παρατηρήσεως, (πιεζομέτρων), η διάταξη των οποίων φαίνεται στο Σχ. 3.



Σχήμα 3.

Τα πιεζόμετρα συνήθως είναι τοποθετημένα σε δύο κάθετες διευθύνσεις και αποστάσεις X1 = 8-10μ. και X2 = 1,8-2μ.

4. Υπολογισμοί

4.1. Στην περίπτωση του σχήματος 1, ο συντελεστής K παρέχεται από τον τύπο:

$$K = Q \frac{\log_e \frac{X1}{X2}}{\pi (Y_1^2 - Y_2^2)} \text{ cm/sec}$$

Όπου:

Q = Η σταθερή παροχή σε cm^3/sec.
$\log_e$ = Φυσικός λογάριθμος.
X, Y = Μήκη σε cm ως το Σχ. 1.

4.2. Στην περίπτωση του Σχ. 2 ο συντελεστής υδατοπερατότητας παρέχεται από τον τύπο:

$$K = \frac{Q \cdot \log_e \frac{X1}{X2}}{2\pi H (Y1 - Y2)} \text{ cm/sec}$$

Q = Η σταθερή παροχή σε cm^3/sec.
$\log_e$ = Φυσικός λογάριθμος.
X, Y = Μήκη σε cm ως το Σχ. 2.
H = Πάχος στρώσεως σε cm.

5. Βιβλιογραφία

5.1. Earth Manual
5.2. BS 5930-25-81

8. ΠΡΟΤΥΠΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΕΩΣ (S.P.T.)

1. Αντικείμενο της Δοκιμής — Πεδίο Εφαρμογής

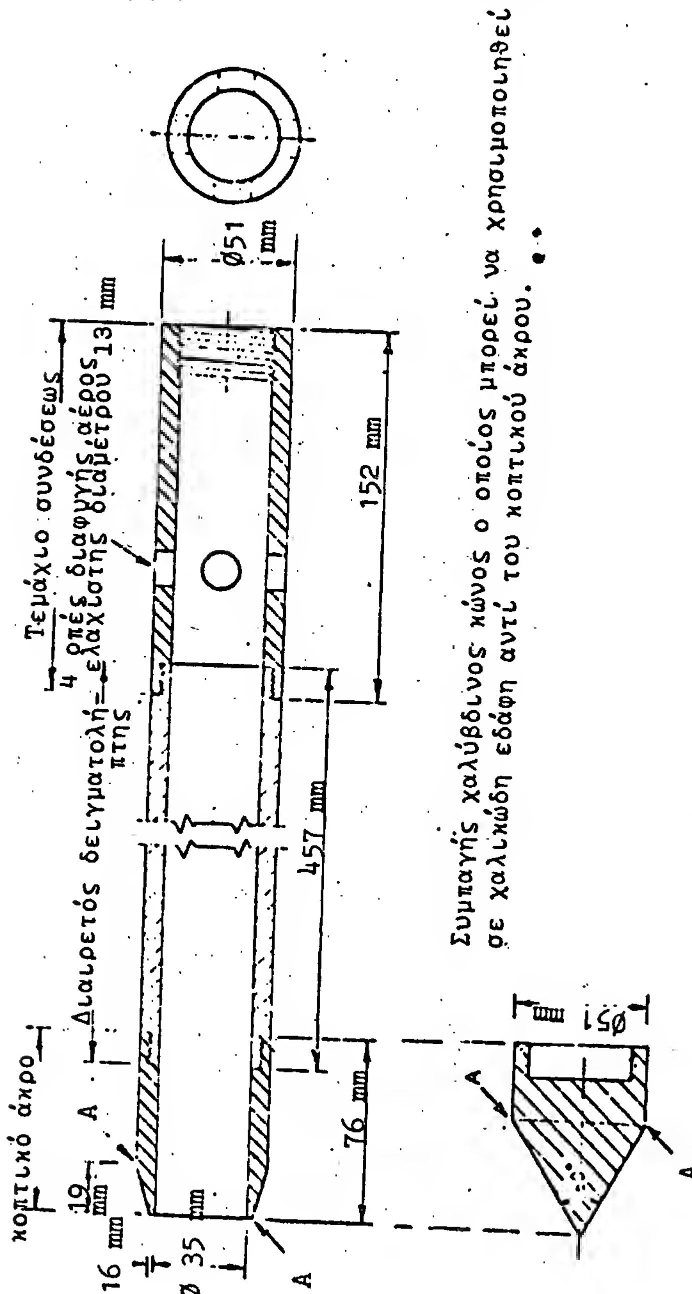
Αντικείμενο της δοκιμής είναι ο επί τόπου προσδιορισμός της αντιστάσεως που προβάλλει το έδαφος στη διείσδυση ενός προτύπου διαιρετού δειγματολήπτη που προωθείται κρουστικά και η λήψη διαταραγμένων δειγμάτων για σκοπούς κατατάξεως. Η δοκιμή παρέχει ενδείξεις για την πυκνότητα και συνεκτικότητα του εδάφους και εφαρμόζεται σε κάθε είδους έδαφος, δίνει όμως αξιόπιστες ποσοτικές συσχετίσεις με χαρακτηριστικά αντοχής και παραμορφωσιμότητας μόνο στην περίπτωση κοκκωδών εδαφών, για τα οποία κυρίως συνιστάται.

2. Θέση Δοκιμής

Η δοκιμή εκτελείται από τον πυθμένα γεωτρήσεως, (σε διάφορες στάθμες όπως προχωρεί η γεώτρηση).

3. Γενική Περιγραφή της Δοκιμής

Η δοκιμή γίνεται αφήνοντας ένα βάρος 63.5 Kg να πέφτει ελεύθερα από ύψος 0.76m επάνω σε μια κεφαλή, προσαρμοσμένη στο πάνω μέρος της διατρητικής στήλης (στελέχη), που στο κα-



Σημ.: Οι γωνίες στα σημεία Α μπορεί να είναι ελαφρά στρογγυλεμένες.

Σχ. 1. Τομή Διαιρετού Δειγματολήπτη.

τώτερο άκρο της φέρει τον πρότυπο δειγματολήπτη. Ο αριθμός των κρούσεων Ν που απαιτείται για να επιτευχθεί διείσδυση 0.30m, (κάτω από μία αρχική σταθεροποιητική έμπηξη), θεωρείται σαν δείκτης της αντιστάσεως σε διείσδυση.

4. Απαιτούμενα Εργαλεία

4.1. *Διατρητικός εξοπλισμός.* Το διατρητικό μηχάνημα θα πρέπει να είναι ικανό να εξασφαλίσει μία αρκετά καθαρή οπή πριν από την εισαγωγή του δειγματολήπτη ώστε να υπάρχει βεβαιότητα ότι η δοκιμή εκτελείται σε σχετικά αδιατάρακτο έδαφος.

Κοπτικά που λειτουργούν με εκτόξευση νερού προς τα κάτω δεν επιτρέπονται. Όταν η γεώτρηση γίνεται σε υλικά που δεν εξασφαλίζουν την ευστάθεια των τοιχωμάτων η γεώτρηση θα σωληνώνεται ή θα χρησιμοποιείται μπεντονιτικό αιώρημα.

4.2. *Διαιρετός δειγματολήπτης.* Ο πρότυπος δειγματολήπτης θα έχει τις διαστάσεις που φαίνονται στο Σχήμα 1. Το κοπτικό άκρο θα αποτελείται από σκληρό χάλυβα και θα αντικαθίσταται όταν έχει υποστεί σημαντική φθορά*. Το μεσαίο τμήμα θα αποτελείται από δύο χαλύβδινα τεμάχια ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να χωρίζεται στα δύο, παράλληλα προς τον άξονα, για την εύκολη εξέταση και αφαίρεση του δείγματος. Η κεφαλή του δειγματολήπτη (τεμάχιο συνδέσεως με τα στελέχη), θα έχει τέσσερες οπές διαφυγής αέρα διαμέτρου 13mm το λιγότερο και θα διαθέτει χαλύβδινη βαλβίδα (παγίδα), για τη συγκράτηση μη συνεκτικών εδαφικών δειγμάτων.

4.3. *Στελέχη.* Τα στελέχη που χρησιμοποιούνται για την διείσδυση του πρότυπου δειγματολήπτη θα έχουν ακαμψία μεγαλύτερη ή ίση προς εκείνη του τύπου AW, (43.7mm εξωτ. διαμ., 34.1mm εσωτ. διαμ., και βάρος περίπου 6 Kg/m). Σε γεωτρήσεις με βάθος μεγαλύτερο από 15m θα τοποθετούνται στηρίγματα (αράχνες), κατά διαστήματα ύψους 3m, ή εναλλακτικά θα χρησιμοποιούνται στελέχη με ακαμψία τουλάχιστον ίση προς εκείνη του τύπου BW, (54.0 mm εξ. διάμ., 44.4 mm εσ. διάμ., και βάρος περίπου 8 Kg/m).

Τα στελέχη θα πρέπει να είναι σφικτά δεμένα.

4.4. *Σύστημα διεισδύσεως.* Το σύστημα διεισδύσεως θα περιλαμβάνει:

α. Μία σφύρα συνολικού βάρους 63.5 Kg (±0.5 Kg).

β. Ένα οδηγό που θα εξασφαλίζει ένα ύψος ελεύθερης πτώσεως της σφύρας 0.76m (±0.02m).

γ. Μια κεφαλή (άκμωνα), συνδεδεμένη στην κορυφή των στελεχών που θα δέχεται την κρούση και θα την μεταβιβάζει κατακόρυφα στα στελέχη. Θα λαμβάνονται μέτρα ώστε η ενέργεια του βάρους που πέφτει να μη μειώνεται από τις τριβές κατά μήκος του οδηγού.

δ. Η ανύψωση θα γίνεται με σχοινί τύπου Μανίλλας με μία ή δύο το πολύ περιστροφές γύρω από το τύμπανο.

4.5. *Βοηθητικός εξοπλισμός.* Αεροστεγή δοχεία χωρητικότητος 0.5 Kg περίπου για τη φύλαξη των δειγμάτων.

5. Προσωπικό

Η δοκιμή εκτελείται από τον χειριστή και τον βοηθό του γεωτρυπάνου υπό την επίβλεψη πεπειραμένου εργοδηγού.

6. Εκτέλεση της Δοκιμής

6.1. *Προετοιμασία γεωτρήσεως.*

α. Η γεώτρηση θα καθαρίζεται προσεκτικά μέχρι τη στάθμη εκτελέσεως της δοκιμής με χρησιμοποίηση τέτοιων εργαλείων ώστε να αποφεύγεται κάθε διαταραχή στο έδαφος όπου θα γίνει η δοκιμή.

β. Η στάθμη του νερού στη γεώτρηση θα διατηρείται στη στάθμη του υπόγειου νερού στο περιβάλλον έδαφος ή λίγο ψηλότερα, ώστε να αποφεύγεται υδραυλική διατάραξη λόγω εισροής νερού στη γεώτρηση από τον πυθμένα.

γ. Το διατρητικό εργαλείο, (καροταρία), θα αποσύρεται αργά ώστε να αποφεύγεται χαλάρωση του εδάφους στη θέση της δοκιμής.

δ. Εάν χρησιμοποιείται σωλήνας επενδύσεως, αυτός δεν θα προωθείται κάτω από τη στάθμη από την οποία πρόκειται να αρχίσει η δοκιμή.

ε. Η δοκιμή διενεργείται σε οπή διαμέτρου το πολύ 20 cm.

6.2. *Δοκιμή διεισδύσεως.* Ο πρότυπος δειγματολήπτης θα είναι τελείως καθαρός κατά την έναρξη κάθε δοκιμής. Θα προσαρμόζεται στα στελέχη και θα κατεβάζεται στον πυθμένα της γεωτρήσεως. Στην κορυφή των στελεχών θα προσαρμόζεται το σύστημα διεισδύσεως.

* Σε χαλικώδη εδάφη μπορεί να χρησιμοποιηθεί χαλύβδινος κώνος αντί του κοπτικού άκρου (βλ. Σχ. 1).

6.2.1. Θα καταγράφονται τα ακόλουθα στοιχεία.
- Βάθος και διάμετρος σωληνώσεως επενδύσεως.
- Βάθος πυθμένα γεωτρήσεως.
- Στάθμη νερού, (ή τυχόν χρησιμοποιούμενου μπεντονιτικού αιωρήματος), στη γεώτρηση.
- Εάν χρησιμοποιείται ο συμπαγής κώνος αντί του κοπτικού άκρου στον δειγματολήπτη, αυτό θα σημειώνεται και η δοκιμή θα αναφέρεται σαν SPT (κώνος).
- Ο τύπος των στελεχών, η κατάσταση του σχοινιού και ο αριθμός των περιστροφών του γύρω από το τύμπανο.
- Το μέγεθος της τυχόν διεισδύσεως του δειγματολήπτη μέσα στο έδαφος υπό την επενέργεια μόνο του βάρους του και του βάρους της στήλης των στελεχών.
- Ο τύπος της σφύρας.

6.2.2. Η διείσδυση του δειγματολήπτη θα γίνεται σε δύο στάδια.

α) Προκαταρκτική, (σταθεροποιητική), έμπηξη 0.15m, όπου θα περιλαμβάνεται και η αρχική διείσδυση υπό την επενέργεια του ίδιου βάρους, με κρούσεις της σφύρας των 63.5 Kg από ύψος 0.76m. Σημειώνεται ο αριθμός των κρούσεων που απαιτείται για την διείσδυση αυτή. Εάν απαιτούνται περισσότερες από 50 κρούσεις ο αριθμός αυτός λαμβάνεται σαν χαρακτηριστικός της προκαταρκτικής διεισδύσεως και σημειώνεται η διείσδυση που πραγματοποιήθηκε.

β) Διείσδυση στη συνέχεια του δειγματολήπτη κατά 0.30m με κρούσεις της σφύρας των 63.5 Kg από ύψος 0.76m. Σημειώνεται ο αριθμός των κρούσεων που απαιτούνται για κάθε 15 cm διεισδύσεως. Το σύνολο των κρούσεων που χρειάζονται για τη διείσδυση του δειγματολήπτη κατά 0.30 m εκτός από την προκαταρκτική έμπηξη ορίζεται σαν **αντίσταση διεισδύσεως N.** Εάν μετά από 50 κρούσεις, (ή 100 κρούσεις αν χρησιμοποιείται ο συμπαγής κώνος), έχει πραγματοποιηθεί διείσδυση μικρότερη από 0.30m η δοκιμή διακόπτεται και σημειώνεται η διείσδυση που πραγματοποιήθηκε με τις 50 κρούσεις. Η ταχύτητα εκτελέσεως της δοκιμής δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 30 κρούσεις σε κάθε πρώτο λεπτό.

6.3. *Εξαγωγή και φύλαξη του δείγματος.* Ο δειγματολήπτης ανασύρεται στην επιφάνεια και ανοίγεται. Αντιπροσωπευτικό τμήμα του εδαφικού δείγματος, (πυρήνα), από τα τελευταία 0.30m διεισδύσεως, τοποθετείται μέσα σε αεροστεγές δοχείο και φυλάσσεται κατά τρόπο που να αποφευχθεί η διατάραξή του και η απώλεια της φυσικής υγρασίας. Το δείγμα συνοδεύεται με ετικέτα με τις ακόλουθες ενδείξεις:

(α) Εργοτάξιο
(β) Αριθμός γεωτρήσεως
(γ) Αριθμός δείγματος
(δ) Βάθος διεισδύσεως
(ε) Μήκος ληφθέντος πυρήνος
(στ) Ημερομηνία δοκιμής
(ζ) Ο αριθμός των κρούσεων για τα διάφορα στάδια διεισδύσεως.

7. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

7.1. Αμέσως μετά τη δοκιμή θα συντάσσεται δελτίο όπου θα αναφέρονται:

(α) Το εργοτάξιο.
(β) Ο αριθμός της γεωτρήσεως.
(γ) Η ημερομηνία της γεωτρήσεως.
(δ) Η μέθοδος διατρήσεως, το μέγεθος και το βάθος της σωληνώσεως επενδύσεως, (εάν υπάρχει).
(ε) Το μέγεθος και βάρος των στελεχών που χρησιμοποιήθηκαν για τη δοκιμή.
(στ) Ο τύπος της κεφαλής διεισδύσεως.
(ζ) Τυχόν χρήση του συμπαγούς κώνου.
(η) Η στάθμη του νερού στη γεώτρηση και στο περιβάλλον έδαφος κατά την έναρξη της δοκιμής και γενικά παρατηρήσεις για τυχόν δυσμενείς συνθήκες υπόγειου νερού που μπορούν να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της δοκιμής (π.χ. αρτεσιανή πίεση και χαλάρωση του εδάφους λόγω ανοδικής ροής από τον πυθμένα της γεωτρήσεως).
(θ) Οι εκτελέσαντες τη δοκιμή.
(ι) Το βάθος εκκινήσεως της δοκιμής.
(ια) Η αρχική διείσδυση του δειγματολήπτη λόγω του ίδιου βάρους του και του βάρους στελεχών.
(ιβ) Ο αριθμός κρούσεων για τα διάφορα στάδια διεισδύσεως όπως περιγράφεται στην παράγρ. 6.2.
(ιγ) Τα βάθη μεταξύ των οποίων μετρήθηκε η αντίσταση διεισδύσεως.
(ιδ) Το είδος του εδάφους όπως προκύπτει από την μακροσκοπική εξέταση του δείγματος.

Το πιο πάνω δελτίο αφού υπογραφεί από τους εκπροσώπους του Αναδόχου και του Εργοδότη θα υποβάλλεται μέσα σε 3 το πολύ ημέρες στην Επιβλέπουσα Υπηρεσία.

7.2. Η τελική έκθεση αποτελεσμάτων θα περιλαμβάνει ακόμα:

(α) Σχέδιο με τη θέση της γεωτρήσεως.
(β) Τομή της γεωτρήσεως με τη θέση των δοκιμών και περιγραφή των αντιστοίχων γεωλογικών σχηματισμών.
(γ) Διάγραμμα μεταβολής της αντιστάσεως διεισδύσεως (N) με το βάθος.

9. ΔΟΚΙΜΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΗΣΗΣ

1. Αντικείμενο της Δοκιμής — Πεδίο εφαρμογής

Αντικείμενο της δοκιμής είναι ο επί τόπου προσδιορισμός της αντιστάσεως που προβάλλει το έδαφος στη συνεχή διείσδυση ενός κώνου που προωθείται με υδραυλική πίεση μέσω στελεχών. Η δοκιμή παρέχει ενδείξεις για τη στρωματογραφία και ομοιογένεια των εδαφικών στρωμάτων, τον χαρακτηρισμό (υπό ορισμένες προϋποθέσεις), του εδάφους, το βάθος στο οποίο συναντώνται ανθεκτικά στρώματα και τη θέση τυχόν κοιλοτήτων ή παρεμφερών ασυνεχειών.

Δίνει αξιόπιστες ποσοτικές συσχετίσεις για την αντοχή και παραμορφωσιμότητα των κοκκωδών εδαφών και για την αντοχή των συνεκτικών.

Υπό προϋποθέσεις, τα αποτελέσματα του πενετρομέτρου συνδέονται άμεσα με τη φέρουσα ικανότητα των πασσάλων.

Η δοκιμή εφαρμόζεται σε όλων των ειδών τα εδάφη εκτός από σκληρά συνεκτικά ή πολύ πυκνά κοκκώδη εδάφη ή εδάφη με μεγάλες κροκάλες όπου η εφαρμογή της περιορίζεται από τις δυνατότητες της συσκευής.

2. Θέση εκτελέσεως της Δοκιμής

Η δοκιμή εκτελείται συνήθως από την επιφάνεια του εδάφους είναι όμως δυνατό να εκτελεστεί και από τον πυθμένα μιας γεωτρήσεως που έχει προηγουμένως διατρηθεί.

3. Γενική περιγραφή της Δοκιμής

Η δοκιμή συνίσταται στην προώθηση μέσα στο έδαφος με συνεχή υδραυλική πίεση και αρκετά χαμηλή ταχύτητα, ενός κώνου που είναι προσαρμοσμένος στο κατώτερο άκρο μιας σειράς στελεχών και στην μέτρηση συνεχώς ή σε καθορισμένα διαστήματα, της αντιστάσεως που παρουσιάζει το έδαφος στη διείσδυση του κώνου. Επίσης, μετράται η συνολική αντίσταση διεισδύσεως του κώνου και στελεχών και η αντίσταση τριβής επάνω σε ένα μανδύα τριβής που μπορεί να προβλέπεται στην πενετρομετρική αιχμή.

Η δύναμη προωθήσεως της πενετρομετρικής στήλης που απαιτείται εξασφαλίζεται με αγκύρωση της συσκευής στο έδαφος και/ή με αντίβαρο.

4. Συσκευές και Όργανα

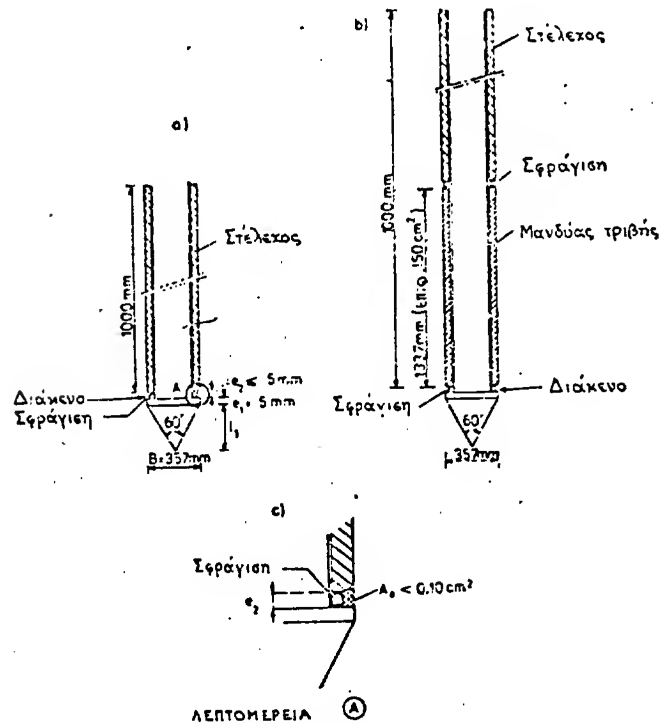
Υπάρχει μια ποικιλία πενετρομετρικών συσκευών που διαφέρουν κατά τον τύπο, τη μορφή και τις διαστάσεις της πενετρομετρικής αιχμής, το σύστημα μετρήσεως της αντιστάσεως διεισδύσεως, το προωθητικό μηχάνημα, το σύστημα αγκυρώσεως κ.λπ. Τα βασικά μέρη της συσκευής είναι τα ακόλουθα:

4.1. *Πενετρομετρική αιχμή.* Αποτελείται κατά βάση από τον κώνο και μπορεί να είναι επίσης εφοδιασμένη με κυλινδρικό μανδύα

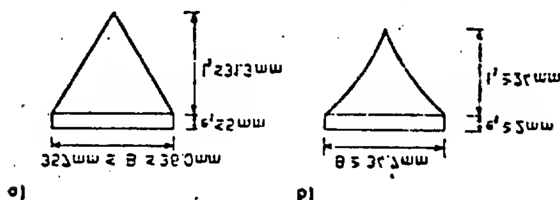
τριβής. της ίδιας με τον κώνο διαμέτρου, για τη μέτρηση της τοπικής τριβής.

Ανάλογα με το σύστημα μετρήσεως της αντιστάσεως, (βλ. παράγραφο 4.3.), ο κώνος και ο μανδύας τριβής μπορεί να είναι σταθεροί, με δυνατότητα ελάχιστης μόνο σχετικής μετακινήσεως ως προς το υπόλοιπο σώμα της αιχμής, (π.χ. ηλεκτρικά πενετρόμετρα), ή να έχουν δυνατότητα ανεξάρτητης κινήσεως κατά μια ορισμένη διαδρομή, (μηχανικά πενετρόμετρα).

Σύμφωνα με την πρόταση της Ευρωπαϊκής Υποεπιτροπής για την Προτυποποίηση των Δοκιμών Διεισδύσεως η πρότυπη πενετρομετρική αιχμή θα πρέπει να έχει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που φαίνονται στο Σχήμα 1.



Σχ. 1. Πρότυπη πενετρομετρική αιχμή με σταθερό κώνο (α) χωρίς μανδύα τριβής, (β) με μανδύα τριβής.



Σχ. 2. Ανοχές προτύπου κώνου (α) εκ κατασκευής, (β) κατά τη λειτουργία.

Ο κώνος έχει διάμετρο 35.7mm δηλαδή επιφάνεια βάσεως 10 cm², και γωνία κορυφής 60°. Οι ανοχές από τις πρότυπες διαστάσεις τόσο στην κατασκευή όσο και κατά τη λειτουργία, (απομειώσεις λόγω φθοράς), φαίνονται στο Σχήμα 2. Κώνοι με φανερά ασύμμετρη φθορά απορρίπτονται. Ο μανδύας τριβής θα έχει τουλάχιστον την ίδια διάμετρο με τη βάση του κώνου με μια ανοχή + 0.35mm. Το μήκος του πρότυπου μανδύα είναι 133.7 mm και η παράπλευρη επιφάνεια 150 cm².

Η επιφάνεια του μανδύα τριβής θα έχει από την κατασκευή της μια τραχύτητα 0.5μm με μια ανοχή ±50% κατά τη διεύθυνση του διαμήκη άξονα. Κατά τη λειτουργία η τραχύτητα αυτή δεν πρέπει να γίνει μικρότερη από 0.25μm. Ο μανδύας τριβής στην πρότυπη αιχμή πρέπει να βρίσκεται αμέσως πάνω από τον κώνο.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται πενετρομετρική αιχμή με απόκλιση από το προτεινόμενο πρότυπο θα πρέπει οι διαφορές να αναφέρονται ρητά στα δελτία των δοκιμών και στην έκθεση των αποτελεσμάτων.

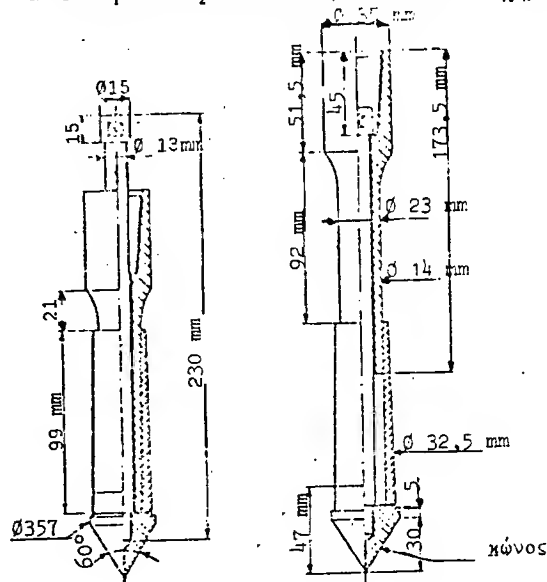
Στον Πίνακα Ι δίνονται διάφοροι τύποι πενετρομετρικών αιχμών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες αλλά σε γενικές γραμμές διαφέρουν από το πρότυπο. Στον ίδιο πίνακα δίνεται και ένας χαρακτηριστικός συμβολισμός για κάθε τύπο, ώστε να είναι δυνατή η αναφορά, συντομογραφικά, κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

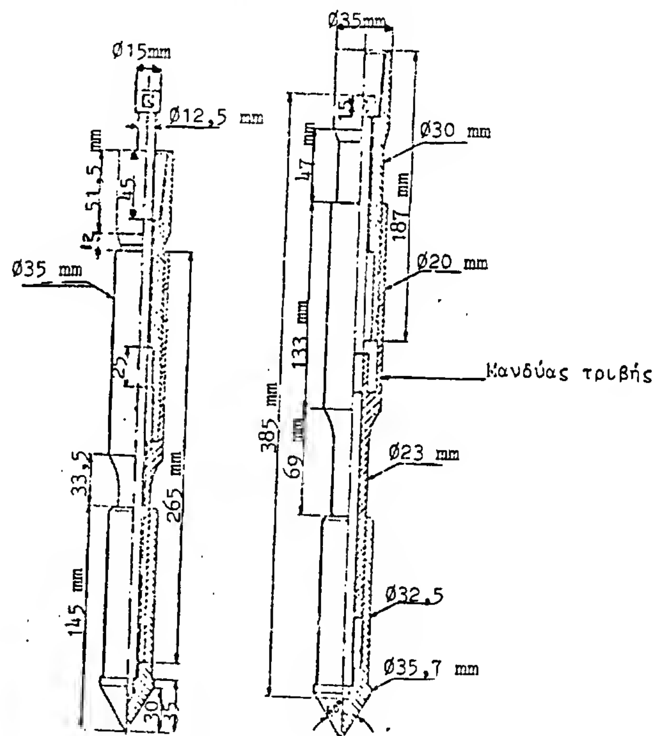
Τύποι Πενετρομετρικών Αιχμών

Α.	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΑ
M_1	Ολλανδικός κώνος Delft
M_2	Ολλανδικός κώνος με μανδύα τριβής Begemann
M_3	Σοβιετικός κώνος
M_4	Απλός κώνος
M_{5-1}	Κώνος Andina
M_{5-2}	Κώνος Andina με μανδύα τριβής
Β.	ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΑ
Ε1.1	Ηλεκτρική πενετρομετρική αιχμή Delft
Ε1.2	Ηλεκτρική πενετρομετρική αιχμή Delft με μανδύα τριβής
Ε2	Ηλεκτρική πενετρομετρική αιχμή Degebo με μανδύα τριβής
Γ.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΑ
Η1.1	Υδραυλική πενετρομετρική αιχμή Parez
Η1.1	Υδραυλική πενετρομετρική αιχμή Parez με μανδύα τριβής

Οι τύποι που έχουν ευρύτερα χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα είναι οι M_1 και M_2 οι οποίοι φαίνονται στα Σχήματα 3 και 4.

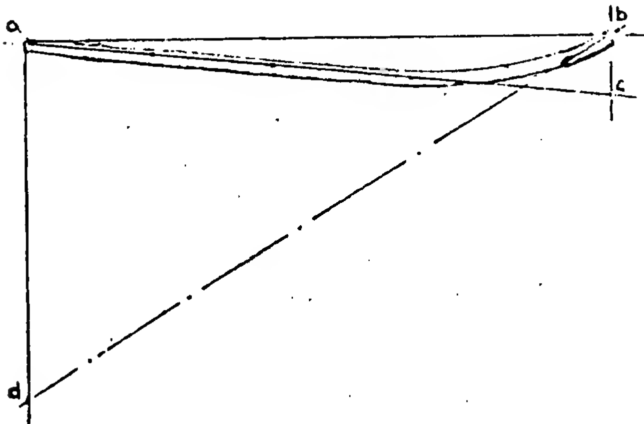


Σχ. 3. Ολλανδικός κώνος Delft. Συμβολισμός: M_1



Σχ. 4. Ολλανδικός κώνος Begemann με μανδύα τριβής. Συμβολισμός: M_2

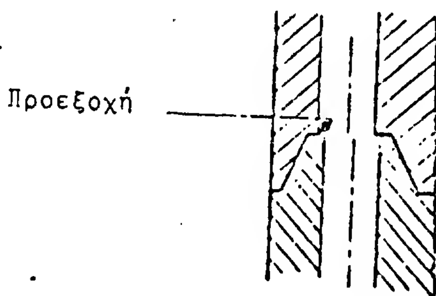
4.2. *Στελέχη.* Τα στελέχη είναι σωλήνες, με τοίχωμα μεγάλου πάχους και χρησιμεύουν, αφενός για την προώθηση της πενετρομετρικής αιχμής σαν οδηγοί και αφετέρου για την προστασία του συστήματος μετρήσεως, (καλώδια κ.λπ.). Έχουν μήκος συνήθως 1m και πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους σταθερά ώστε να σχηματίζουν μια στήλη με συνεχή ευθύγραμμο άξονα. Η απόκλιση από την ευθυγραμμία δεν θα υπερβαίνει το 4% για τα πέντε κατώτερα στελέχη της στήλης και το 8% για τα υπόλοιπα. Ο τρόπος προσδιορισμού της αποκλίσεως φαίνεται στο Σχήμα 5.



Σχ. 5. Προσδιορισμός της αποκλίσεως των στελεχών από την ευθυγραμμία.

Όταν μετράται η ολική τριβή με τα στελέχη, η διάμετρός τους σε όλο το μήκος θα πρέπει να είναι 36mm με μια ανοχή ±1mm. Στην περίπτωση μηχανικού πενετρομέτρου μέσα από τα εξωτερικά στελέχη υπάρχει στήλη εσωτερικών λεπτών συμπαγών στελεχών που χρησιμεύουν για την ανεξάρτητη προώθηση του κώνου και του μανδύα τριβής. Στην περίπτωση αυτή δεν θα πρέπει να υπάρχουν προεξοχές στην εσωτερική επιφάνεια των εξωτερικών στελεχών στα σημεία συνδέσεώς τους, (βλ. Σχ. 6). Η διάμετρος των εσωτερικών στελεχών θα είναι 0.5 έως 1mm μικρότερη από την εσωτερική διάμετρο των εξωτερικών στελεχών. Τα εσωτερικά στελέχη πρέπει να ολισθαίνουν ελεύθερα μέσα στα εξωτερικά.

Τα άκρα των εσωτερικών στελεχών θα είναι ακριβώς σε ορθή γωνία με τον άξονα των στελεχών και θα έχουν λεία επιφάνεια. Τα στελέχη αυτά δεν πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους βιδωτά ή με άλλον τρόπο γιατί αυτό αυξάνει τις πιθανότητες παρασιτικών τριβών με τα εξωτερικά στελέχη.



Σχ. 6. Δεν πρέπει να υπάρχει προεξοχή στις συνδέσεις των στελεχών.

Πριν και μετά από κάθε δοκιμή θα πρέπει να ελέγχεται αν τα εσωτερικά στελέχη ολισθαίνουν εύκολα μέσα στα εξωτερικά, καθώς και αν ο κώνος και ο μανδύας τριβής κινούνται εύκολα σε σχέση με το υπόλοιπο σώμα της πενετρομετρικής αιχμής.

4.3. *Σύστημα μετρήσεως.* Το σύστημα μετρήσεως θα πρέπει να είναι σε θέση να μετρήσει την αντίσταση του κώνου χωρίς να επηρεάζεται από πιθανή εκκεντρότητα αυτής της αντιστάσεως. Ως προς το σύστημα μετρήσεως η πενετρομετρική συσκευή μπορεί να ανήκει σε ένα από τους εξής τρεις τύπους:

α. *Ηλεκτρικό πενετρόμετρο:* Σ' αυτό οι αντιστάσεις κώνου και τριβών μετρούνται με ηλεκτρικά όργανα, (strain gauges, vibrating wires κ.λπ.), ενσωματωμένα στην πενετρομετρική αιχμή, τα δε αντίστοιχα ηλεκτρικά σήματα μεταφέρονται με καλώδια από την αιχμή στην επιφάνεια, μέσα από τα στελέχη σε ειδικό πίνακα της συσκευής, όπου μπορούν να διαβαστούν ή να καταγραφούν αυτόματα σε ταινία. Πάντως η καταγραφή των αποτελεσμάτων σε ταινία που δεν επιτρέπει άμεση εποπτεία των δεδομένων δεν συνιστάται.

β. *Μηχανικό πενετρόμετρο:* Σ' αυτό χρησιμοποιείται σειρά εσωτερικών στελεχών για την ανεξάρτητη προώθηση του κώνου και του μανδύα τριβής, ολόκληρη δε η στήλη προωθείται με τα εξωτερικά στελέχη. Η προώθηση γίνεται με υδραυλικό σύστημα, (έμβολα), και οι αντίστοιχες απαιτούμενες πιέσεις μετρώνται με μανόμετρα προσαρμοσμένα στη συσκευή κατάλληλης κάθε φορά ευαισθησίας ανάλογα με το υπέδαφος.

γ. *Υδραυλικό ή πνευματικό πενετρόμετρο:* Σ' αυτό χρησιμοποιούνται υδραυλικά ή πνευματικά όργανα ενσωματωμένα στην αιχμή.

4.4. *Προωθητικό μηχάνημα.* Η μηχανή θα πρέπει κατά προτίμηση να εξασφαλίζει μια διαδρομή 1.00m και να προωθεί τα στελέχη μέσα στο έδαφος με σταθερή ταχύτητα. Το μηχάνημα θα αγκυρώνεται στο έδαφος και/ή θα επιφορτίζεται με αντίβαρο ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δύναμη προωθήσεως που μπορεί να ασκήσει η μηχανή χωρίς να υπάρχει σχετική μετακίνηση του μηχανήματος ως προς το έδαφος κατά τη διάρκεια της προωθητικής ενέργειας.

Η προωθητική ικανότητα των πενετρομέτρων που συνήθως χρησιμοποιούνται δεν υπερβαίνει τους 20t. Η ικανότητα αυτή θα πρέπει να είναι από τα προηγούμενα γνωστή και να σημειώνεται στα σχετικά δελτία της δοκιμής.

5. Προσωπικό

Η δοκιμή θα εκτελείται από ειδικευμένο χειριστή υπό την επίβλεψη ειδικευμένου εργοδηγού που θα σημειώνει και τις ενδείξεις εφόσον δεν χρησιμοποιούνται καταγραφικά όργανα. Για την αγκύρωση του μηχανήματος απαιτούνται ακόμη δύο εργάτες.

6. Εκτέλεση της δοκιμής

6.1. Ελέγχεται η θέση της δοκιμής ώστε να μην είναι πολύ κοντά σε υπάρχουσες γεωτρήσεις ή θέσεις άλλων πενετρομετρήσεων. Συνιστάται να τηρείται απόσταση τουλάχιστον 25 διαμέτρων γεωτρήσεων, από γεωτρήσεις χωρίς επένδυση και χωρίς ξαναγέμισμα και τουλάχιστον 1m από πενετρομετρήσεις που έχουν γίνει πριν.

6.2. Αγκυρώνεται το πενετρόμετρο στη θέση της δοκιμής και/ή επιφορτίζεται με έρμα για να εξασφαλισθεί η δυνατότητα ασκήσεως της μέγιστης προωθητικής δυνάμεως του μηχανήματος.

6.3. Ελέγχεται η διεύθυνση ασκήσεως της πιέσεως από το μηχάνημα ώστε να πλησιάζει κατά το δυνατόν την κατακόρυφο. Η μέγιστη αποδεκτή απόκλιση από την κατακόρυφο είναι 2%. Ο άξονας των στελεχών πρέπει να ταυτίζεται με την διεύθυνση ασκήσεως της πιέσεως.

6.4. Πριν αρχίσει η δοκιμή, ελέγχεται αν τα στελέχη είναι ευθύγραμμα και ιδιαίτερα τα κατώτερα πέντε στελέχη της στήλης.

Στην περίπτωση μηχανικού πενετρομέτρου, ελέγχεται η ελεύθερη ολίσθηση των εσωτερικών στελεχών ως προς τα εξωτερικά και η ελεύθερη κίνηση του κώνου και του μανδύα τριβής ως προς το υπόλοιπο σώμα της πενετρομετρικής αιχμής.

6.5. Ανάλογα με τον τύπο του πενετρομέτρου η δοκιμή μπορεί να εκτελεσθεί με δύο τρόπους:

6.5.1. Συνεχής προώθηση της πενετρομετρικής αιχμής με τα στελέχη με ταυτόχρονη συνεχή μέτρηση των αντιστάσεων, (ηλεκτρικά πενετρόμετρα).

6.5.2. Σταδιακή προώθηση των στοιχείων της αιχμής και όλης της στήλης και μετρήσεις ανά διαστήματα που δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν τα 0.2m, (μηχανικά πενετρόμετρα). Στην περίπτωση αυτή κάθε στάδιο προωθήσεως που είναι 0.20m περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

α. Ανεξάρτητη προώθηση του κώνου μόνο.

β. Προώθηση του κώνου μαζί με τον μανδύα τριβής (αν χρησιμοποιείται αιχμή με μανδύα).

γ. Προώθηση όλης της στήλης των στελεχών με την αιχμή.

Σε κάθε βήμα μετράται η αντίστοιχη αντίσταση διεισδύσεως.

6.6. Ανεξάρτητα από τον τρόπο εκτελέσεως της δοκιμής η ταχύτητα διεισδύσεως είναι σε κάθε περίπτωση 2 cm/sec με ανοχή ±0.5 cm/sec.

6.7. Παίρνοντας υπόψη όλες τις δυνατές πηγές σφαλμάτων κατά τις μετρήσεις, (παρασιτικές τριβές, σφάλματα των οργάνων, εκκεντρότητες, θερμοκρασιακές μεταβολές κ.λπ.), το σφάλμα των μετρήσεων δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τη μεγαλύτερη από τις ακόλουθες τιμές:

5% της μετρούμενης τιμής

1% της μέγιστης τιμής που παρουσιάζεται κατά την δοκιμή.

Τα βάθη θα μετρούνται με ακρίβεια τουλάχιστο 10 cm.

6.8. Η δοκιμή τερματίζεται όταν φθάσει στο επιθυμητό βάθος ή όταν η αντίσταση διεισδύσεως υπερβεί την προωθητική ικανότητα του πενετρομέτρου.

6.9. Μετά το τέλος της δοκιμής γίνεται η εξόλκευση των στελεχών και ελέγχεται η ευθυγραμμία τους. Σε περίπτωση που υπάρχει στρέβλωση των στελεχών τέτοια ώστε μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών στελεχών, (μηχανικά πενετρόμετρα), να δημιουργείται σημαντική τριβή, η δοκιμή θα ακυρώνεται. Στην περίπτωση ηλεκτρικού πενετρομέτρου, εάν μετά την εξαγωγή της αιχμής υπάρχει μετατόπιση της μηδενικής ενδείξεως τέτοια ώστε να μην εξασφαλίζεται η ακρίβεια που προδιαγράφεται πιο πάνω, η δοκιμή θα ακυρώνεται.

6.10. Στην περίπτωση που θα απαιτηθεί προδιάτρηση για την διάβαση σκληρών στρωμάτων η οπή θα σωληνώνεται μέχρι τη στάθμη συνεχίσεως της δοκιμής, στα δε στελέχη του πενετρομέτρου μέχρι τη στάθμη αυτή θα τοποθετούνται στηρίγματα (αράχνες) ανά αποστάσεις 3m για την αποφυγή λυγισμού.

7. Περιοδικοί έλεγχοι και βαθμονομήσεις

7.1. Εαν χρησιμοποιούνται μανόμετρα, θα πρέπει να βαθμονομούνται τουλάχιστον κάθε 6 μήνες. Για κάθε τύπο μανομέτρου θα υπάρχουν δύο πανομοιότυπα όργανα με τη βαθμονόμησή τους διαθέσιμα με το πενετρομετρικό μηχάνημα. Σε τακτικά διαστήματα το μανόμετρο που χρησιμοποιείται για τις δοκιμές θα ελέγχεται με το εφεδρικό.

7.2. Οι κυψέλες φορτίου, (load cells), ή οι δακτύλιοι, (proving rings), θα βαθμονομούνται τουλάχιστο κάθε 3 μήνες. Κρίνεται σκόπιμο να γίνονται τακτικοί έλεγχοι στο Εργοτάξιο με κατάλληλο όργανο εργοταξιακού ελέγχου.

7.3. Πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος της πενετρομετρικής αιχμής για φθορές και απομοιώσεις του κώνου και του μανδύα τριβής.

8. Μετρούμενα μεγέθη

Τα μεγέθη που μετρούνται κατά τη δοκιμή είναι:

8.1. Η αντίσταση του κώνου q_c, σε Kg/cm^2, που προκύπτει σαν πηλίκο της συνολικής δυνάμεως που ασκείται στον κώνο Q_c, διά της επιφανείας βάσεως του κώνου A_c.

$$q_c = Q_c/A_c$$

8.2. Η τοπική πλευρική τριβή f_s, σε Kg/cm^2, που προκύπτει διαιρώντας τη δύναμη Q_s, που χρειάζεται για την προώθηση του μανδύα τριβής διά της παράπλευρης επιφάνειας του μανδύα A_s.

$$f_s = Q_s/A_s$$

Στα μηχανικά πενετρόμετρα όπου ο μανδύας προωθείται μαζί με τον κώνο, η δύναμη Q_s προκύπτει σαν διαφορά της δυνάμεως Q_{sc} που χρειάζεται για την κοινή προώθηση, μείον τη δύναμη Q_c που αντιστοιχεί στη διείσδυση του κώνου μόνο.

$$Q_s = Q_{sc} - Q_c$$

8.3. Η ολική δύναμη Q_t, σε kg ή t. Είναι η δύναμη που απαιτείται για την προώθηση όλης της στήλης, (αιχμή και στελέχη), μέσα στο έδαφος.

8.4. Η συνολική πλευρική τριβή Q_{st}, σε kg ή t. Αυτή προκύπτει σαν διαφορά της ολικής δυνάμεως Q_t, μείον τη δύναμη του κώνου Q_c.

$$Q_{st} = Q_t - Q_c$$

Σε ορισμένα πενετρόμετρα είναι δυνατή η απευθείας μέτρηση της Q_{st}.

8.5. Ο λόγος τριβών R_f και ο δείκτης τριβών I_f:

$$R_f = f_s/q_c \qquad I_f = q_c/f_s$$

όπου τα q_c και f_s αντιστοιχούν στο ίδιο βάθος. Το R_f δίνεται συνήθως σαν ποσοστό επί τοις εκατό.

9. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

9.1. Αμέσως μετά το τέλος της δοκιμής συντάσσεται δελτίο όπου αναφέρονται:

α) Η ημερομηνία και η ώρα διεξαγωγής της δοκιμής.

β) Ο αριθμός και η θέση της πενετρομετρήσεως.

γ) Ο τύπος του πενετρομέτρου και της αιχμής που χρησιμοποιήθηκε.

δ) Το συνολικό βάθος της δοκιμής.

ε) Οι εκτελέσαντες τη δοκιμή.

στ) Οι ενδείξεις των οργάνων για τα διάφορα βάθη.

ζ) Στοιχεία των οργάνων καθώς και της βαθμονομήσεώς των.

η) Στοιχεία των όσων έχουν συμβεί κατά τη διάρκεια της δοκιμής που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

θ) Πιθανή προδιάτρηση που έχει απαιτηθεί για την διάβαση σκληρών στρωμάτων και αντίστοιχα βάθη.

ι) Αποτελέσματα των ελέγχων μετά το τέλος της δοκιμής, κατάσταση των στελεχών και της αιχμής.

ια) Εάν έγινε ή όχι ξαναγέμισμα της οπής και με ποιά μέθοδο.

Το δελτίο αυτό υπογεγραμμένο από τους εκπροσώπους του Αναδόχου και του Εργοδότη θα υποβάλλεται μέσα σε 3 το πολύ ημέρες στην Επιβλέπουσα Υπηρεσία.

9.2. Η τελική έκθεση των αποτελεσμάτων της δοκιμής θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

α) Σχέδιο με τη θέση της πενετρομετρήσεως. Αν στο ερευνητικό πρόγραμμα οι πενετρομετρήσεις συνδυάζονται και με γεωτρήσεις, οι θέσεις των γεωτρήσεων θα πρέπει επίσης να σημειώνονται, καθώς και η σειρά εκτελέσεως γεωτρήσεων και πενετρομετρήσεων.

β) Διάγραμμα μεταβολής των μεγεθών q_c, f_s, Q_{st} με το βάθος. Στο φύλλο του διαγράμματος αυτού θα σημειώνονται επίσης τα ακόλουθα:

– Ο τύπος του πενετρομέτρου και της αιχμής που χρησιμοποιήθηκε με τον χαρακτηριστικό συμβολισμό του πίνακα Ι.
– Η ημερομηνία της δοκιμής και η επωνυμία του εκτελέσαντος αναδόχου.
– Ο αριθμός της πενετρομετρήσεως και η θέση της δοκιμής.
– Το υψόμετρο του δαπέδου εργασίας από το οποίο εκτελέσθηκε η πενετρομέτρηση, εάν είναι γνωστό, και η υψομετρική διαφορά του δαπέδου αυτού από την επιφάνεια φυσικού εδάφους, εάν η δοκιμή εκτελείται επάνω σε επίχωση ή από τον πυθμένα εκσκαφής.
– Βάθη πιθανής προδιατρήσεως, που απαιτείται.

10. ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΗ ΠΤΕΡΥΓΙΟΥ

1. Αντικείμενο της Δοκιμής – Πεδίο Εφαρμογής

Αντικείμενο της δοκιμής είναι η επί τόπου μέτρηση της χωρίς στράγγιση διατμητικής αντοχής του εδάφους σε διάφορα βάθη από την επιφάνεια. Η μέθοδος έχει εφαρμογή σε περιπτώσεις κορεσμένων, λεπτοκόκκων, μη ρηγματωμένων συνεκτικών εδα-

φών, (αργίλων, ιλύων), των οποίων η αστράγγιστη διατμητική αντοχή δεν υπερβαίνει το 1 kg/cm^2, (πολύ μαλακά έως στιφρά).

2. Θέση της Δοκιμής

Η δοκιμή εκτελείται:

α) Από τον πυθμένα γεωτρήσεως, (σε διάφορες στάθμες όπως προχωρά η γεώτρηση).
β) Με απ' ευθείας διείσδυση του πτερυγίου από την επιφάνεια του εδάφους σε διάφορες στάθμες.

3. Γενική περιγραφή της Δοκιμής

Η δοκιμή βασικά συνίσταται στην μέτρηση της διατμητικής αντοχής του εδάφους με την έμπηξη με πίεση μέσα σ' αυτό ενός μυλίσκου με τέσσερις λεπίδες σε σταυροειδή διάταξη (πτερύγιο), προσαρμοσμένο στο άκρο ενός στελέχους και την καταγραφή της στρεπτικής ροπής που απαιτείται για να προκαλέσει, με τη περιστροφή, θραύση του εδάφους. Κατά ικανοποιητική προσέγγιση η στρεπτική αυτή ροπή είναι ίση προς τη ροπή που αντιτάσσει η διατμητική αντοχή του εδάφους. Αυτή αναπτύσσεται πάνω στην παράπλευρη επιφάνεια και τις βάσεις του κυλίνδρου θραύσεως που έχει διάμετρο και ύψος ίσα αντίστοιχα προς το πλάτος και το ύψος του πτερυγίου.

4. Παραδοχές

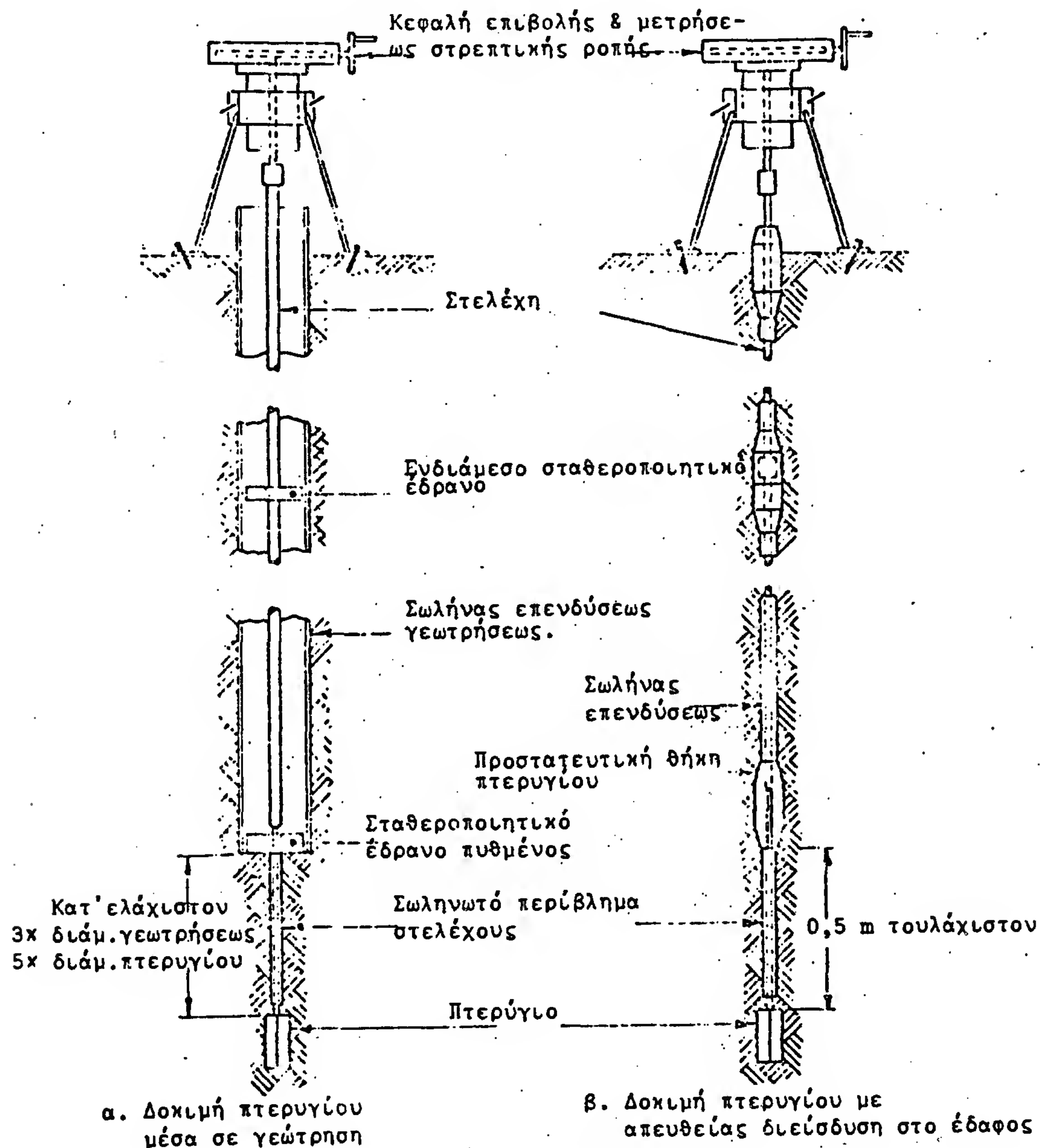
Οι κύριες παραδοχές για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της δοκιμής είναι:

α) Κατά τη διάρκεια της δοκιμής δεν λαμβάνει χώρα καμία στράγγιση του νερού των πόρων.
β) Καμία διατάραξη του εδάφους δεν προκαλείται τόσο από την εκτέλεση της γεώτρησης όσο και από την έμπηξη του πτερυγίου στη θέση της δοκιμής.
γ) Η ζώνη αναζυμώσεως του εδαφικού υλικού γύρω από το πτερύγιο είναι πολύ λεπτή.
δ) Η επιφάνεια θραύσεως αντιστοιχεί στη γεωμετρία του πτερυγίου.
ε) Δεν λαμβάνει χώρα φαινόμενο προοδευτικής θραύσεως.
στ) Το έδαφος από άποψη διατμητικής αντοχής είναι ισότροπο.

Σημείωση. Η τελευταία παραδοχή αφορά την συμβατική δοκιμή πτερυγίου. Είναι όμως δυνατό να ερευνηθεί και περίπτωση ανισότροπου εδάφους εάν γίνουν δύο δοκιμές σε κάθε θέση, με πτερύγια διαφορετικών διαστάσεων και λόγου πλευρών, οπότε προσδιορίζεται χωριστά η τιμή της διατμητικής αντοχής σε οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα, (βλ. παράγρ. 8).

5. Συσκευές και Όργανα

Υπάρχει μια ποικιλία συσκευών πτερυγίου που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη γεωμετρία των πτερυγίων, το σύστημα στελεχών και σωλήνων και το σύστημα εφαρμογής της στρεπτικής ροπής. Ο υπεύθυνος της δοκιμής οφείλει να αναφέρει στο φύλλο παρουσιάσεως των αποτελεσμάτων τον τύπο και τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε, (βλ. παράγρ. 9).



Σχήμα 1. Τυπικές διατάξεις πτερυγίου.

Γενικά η συσκευή πτερυγίου θα ανήκει σε ένα από τους εξής δύο τύπους. (βλέπε τυπικές διατάξεις στο Σχήμα 1):

α. Συσκευή για εκτέλεση δοκιμών μέσα σε γεώτρηση.

β. Συσκευή για εκτέλεση δοκιμής με απ' ευθείας διείσδυση του οργάνου στο έδαφος.

Κάθε τύπος θα αποτελείται σε γενικές γραμμές από τα εξής μέρη:

5.1. Για δοκιμές από πυθμένα γεωτρήσεως

α. Ένα πτερύγιο σχήματος σταυρού κατά προτίμηση από ανοξείδωτο χάλυβα υψηλής ποιότητας. Τυπική μορφή πτερυγίου δίνεται στο Σχήμα 2. Οι βάσεις του πτερυγίου μπορεί να είναι επίπεδης ή κωνικής μορφής.

Ο λόγος του ύψους Η προς το συνολικό πλάτος D του πτερυγίου πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσος προς 2.

Οι συνηθισμένες διαστάσεις πτερυγίων, (σε mm), κυμαίνονται μεταξύ 50×100 έως 100×150.

Συνιστάται η χρήση του μεγάλου πτερυγίου σε πολύ μαλακά εδάφη, (αστράγγιστη διατμητική αντοχή $S_u \leqslant 0.2$ kg/cm²), ενώ του μικρού σε στιφρά εδάφη, (S_u της τάξεως 1 kg/cm²).

Η διατομή του πτερυγίου θα είναι τέτοια ώστε να προκαλεί την ελάχιστη δυνατή διατάραξη στο υπό δοκιμή έδαφος. Οι λεπίδες του πτερυγίου θα έχουν το ελάχιστο πάχος που εξασφαλίζει την απαιτούμενη αντοχή και θα έχουν στο κατώτερο τμήμα τους κοπτικό άκρο. Η διάμετρος του στελέχους στο οποίο είναι προσαρμοσμένο το πτερύγιο καλό είναι να μην υπερβαίνει τα 13mm.

Ο λόγος επιφανείας, (area ratio), του πτερυγίου που έχει την έκφραση:

$$\text{Λόγος επιφανείας} = \frac{8T(D-d) + \pi d^2}{\pi D^2} \times 100\ (\%)$$

(βλ. και Σχ. 2)

πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερος και σε κάθε περίπτωση να μην υπερβαίνει το 12%, με την προϋπόθεση ότι εξασφαλίζεται η ακαμψία του συστήματος.

Το στέλεχος του πτερυγίου κατά το μήκος που το όργανο εισδύει μέσα στο έδαφος θα περιβάλλεται από κατάλληλο σωληνωτό περίβλημα για να εξουδετερώνεται η επιρροή της προσφύσεως του εδάφους επάνω στο στέλεχος. Το περίβλημα αυτό θα αρχίζει σε μια απόσταση ίση περίπου προς 2d πάνω από το άνω άκρο του πτερυγίου. Το διάκενο μεταξύ στελέχους και περιβλήματος θα λιπαίνεται με επιμέλεια.

β. Στελέχη μήκους 1m περίπου. Αυτά θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυρά ώστε να δέχονται αξονική πίεση, να έχουν αρκετή ελαστικότητα ώστε να επιτρέπουν μία λογική απόκλιση από την ευθυγραμμία και να είναι εφοδιασμένα με συνδέσμους οι οποίοι μετά την κανονική σύσφιξη να μην επιτρέπουν παραπάνω σχετική στροφή του ενός στελέχους ως προς το άλλο.

γ. Σταθεροποιητικά έδρανα για να κρατούν τα στελέχη στο κέντρο της οπής της γεωτρήσεως.

δ. Όργανο επιβολής και ταυτόχρονης μετρήσεως της στρεπτικής ροπής, κατά προτίμηση με δυνατότητα ρυθμίσεως του ύψους και σταθεροποιήσεως στην επιθυμητή θέση. Η βάση της συσκευής θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα παγιώσεως στο έδαφος. Μία διάταξη κατά την οποία η περιστροφή των στελεχών γίνεται με χειροκίνητο τροχό ή στρόφαλο (μανιβέλα), μέσω συστήματος οδοντωτών τροχών και ατέρμονος έχει αποδειχθεί ικανοποιητική. Όλοι οι κινούμενοι άξονες θα πρέπει να έχουν εφέδρανα με ένσφαιρους τριβείς (ρουλεμάν), για την ελαχιστοποίηση των τριβών. Η στρεπτική ροπή μετράται συνήθως με βαθμονομημένο σύστημα στρεπτικού ελατηρίου, (δακτυλίου), και μηκυνσιόμετρο χωρίς να αποκλείεται άλλο κατάλληλο σύστημα. Το σύστημα μετρήσεως πρέπει να έχει ευαισθησία 1%, για τιμές της ροπής από 0 έως 70kgm, και να είναι εφοδιασμένο με δείκτη μέγιστης τιμής. Η περιστροφή του άξονα του πτερυγίου μετράται σε μοίρες επάνω σε βαθμολογημένο δίσκο που φέρει διαιρέσεις ανά 5°. Το όργανο θα πρέπει να ελέγχεται και να βαθμονομείται πριν από κάθε νέα δουλειά.

5.2. Για δοκιμές με απ' ευθείας διείσδυση από την επιφάνεια του εδάφους

(α) Πτερύγιο όπως περιγράφεται στην παράγρ. 5.1 (α).

(β) Προστατευτική θήκη πτερυγίου για καθένα από τα μεγέθη που χρησιμοποιούνται, (βλ. και Σχ. 3).

(γ) Στελέχη όπως περιγράφονται στην παράγρ. 5.1 (β)

(δ) Σωλήνες επενδύσεως μήκους 1m με συνδέσμους εξωτερικούς, (μούφες).

(ε) Συσκευή επιβολής και μετρήσεως στρεπτικής ροπής όπως περιγράφεται στην παράγρ. 5.1 (δ).

6. Προσωπικό

Η δοκιμή θα εκτελείται από ειδικευμένο χειριστή υπό την επίβλεψη ειδικευμένου εργοδηγού. Τα πρόσωπα αυτά μπορεί να προέρχονται από το προσωπικό του γεωτρητικού συγκροτήματος εφόσον έχουν την απαιτούμενη εμπειρία.

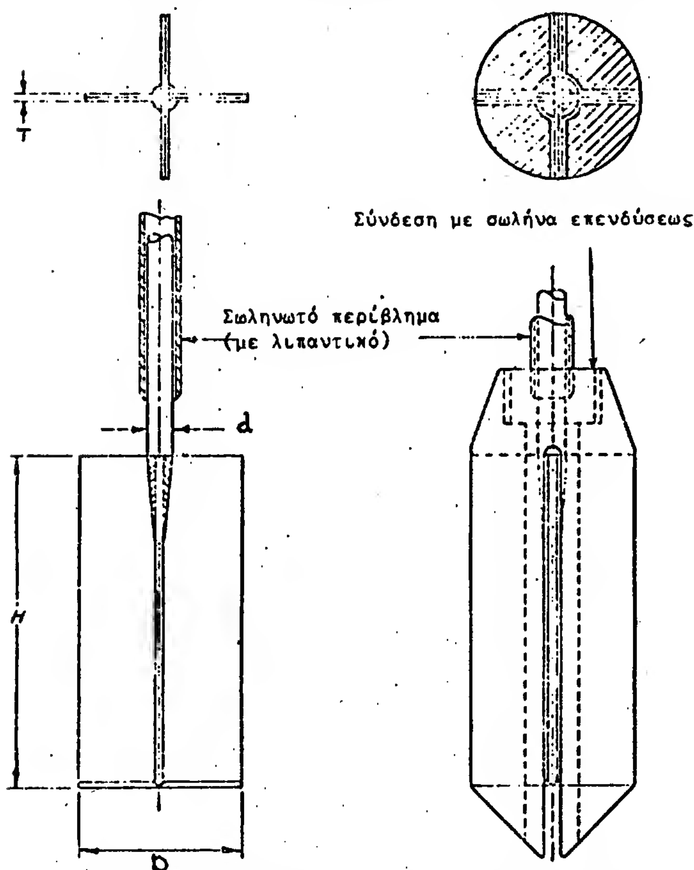
7. Εκτέλεση Δοκιμής

7.1. Δοκιμές εκτελούμενες από τον πυθμένα γεωτρήσεως

(α) Όταν η γεώτρηση που κατά κανόνα θα είναι σωληνωμένη σε όλο της το βάθος, φθάσει στο βάθος που έχει επιλεγεί για τη δοκιμή, γίνεται καθαρισμός του πυθμένα από τα προϊόντα της διατρήσεως και κατεβάζεται μέσα στη γεώτρηση το πτερύγιο με τα στελέχη, ενώ λαμβάνεται φροντίδα να μη χαλαρωθούν οι σφιγμένοι σύνδεσμοι των στελεχών. Τοποθετούνται αρκετά σταθεροποιητικά έδρανα για να διατηρούν τη στήλη στον άξονα της γεωτρήσεως. Η απόσταση μεταξύ των εδράνων εξαρτάται από την ακαμψία των στελεχών και θα είναι γενικά μεταξύ 3m και 9m.

(β) Αφού το πτερύγιο ακουμπήσει στον πυθμένα και με τη στήλη κεντρωμένη στον άξονα της γεωτρήσεως, πιέζεται το πτερύγιο σταθερά και χωρίς καμία περιστροφή ώστε να εισχωρήσει σε ένα βάθος τουλάχιστον ίσο προς το τριπλάσιο της διαμέτρου της γεωτρήσεως και όχι μικρότερο από το πενταπλάσιο της διαμέτρου του πτερυγίου μέσα στο «αδιατάρακτο» έδαφος. Η ώθηση ασκείται με τη βοήθεια του γεωτρυπάνου.

(γ) Τοποθετείται η κεφαλή μετρήσεως πάνω από την κορυφή του ανώτερου στελέχους, ρυθμίζεται στο κατάλληλο ύψος και προ-



Σχήμα 2. Πτερύγιο και στέλεχος. Σχήμα 3. Προστατευτική θήκη πτερυγίου.

σαρμόζεται πάνω στο στέλεχος, ενώ παράλληλα η βάση της στερεώνεται σταθερά στο έδαφος. Στη συνέχεια λαμβάνονται οι αρχικές αναγνώσεις στο μηκυνσιόμετρο και στην κλίμακα μετρήσεως της γωνίας περιστροφής, αφού ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει δυνατότητα χαλαρής περιστροφής (μπόσικα), ούτε έχει ασκηθεί στρεπτική ροπή στα στελέχη κατά τις προκαταρκτικές αυτές διαδικασίες.

(δ) Μέσω των στελεχών το πτερύγιο περιστρέφεται με ταχύτητα 1° ανά 10 sec (6°/min), ενώ λαμβάνονται αναγνώσεις του μηκυνσιομέτρου ανά 5° περιστροφής μέχρις ότου σημειωθεί η μέγιστη ένδειξη (θραύση του εδάφους), μετά την οποία λαμβάνονται άλλες 5 μετρήσεις σε διαστήματα 5° επίσης.
Η μέγιστη ένδειξη που παρατηρήθηκε αντιστοιχεί στην διατμητική αντοχή αιχμής (peak), του αδιατάρακτου εδάφους. Στη συνέχεια για τον προσδιορισμό της αντοχής του αναζυμωμένου υλικού, το πτερύγιο περιστρέφεται γρήγορα χωρίς να λαμβάνονται αναγνώσεις, κατά 90° ή και περισσότερο και στη συνέχεια με την ταχύτητα της 1°/10 sec, που προαναφέρθηκε, λαμβάνονται 5 συμπληρωματικές αναγνώσεις σε διαστήματα 5°.

7.2. Δοκιμές με απ' ευθείας διείσδυση από την επιφάνεια του εδάφους

(α) Το πτερύγιο ασφαλίζεται μέσα στην προστατευτική θήκη και προωθείται με τα στελέχη και την επένδυση με πίεση ή κρούσεις στο επιθυμητό βάθος μέσα στο έδαφος με τη βοήθεια ελαφρού γεωτρυπάνου ή τρίποδα. Καταβάλλεται ιδιαίτερη φροντίδα να μη ξεσφίξουν τα στελέχη κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας. Τοποθετούνται σταθεροποιητικά έδρανα κάθε 3m περίπου για την κέντρωση και μείωση των τριβών των στελεχών ως προς τους σωλήνες επενδύσεως.

(β) Όταν το πτερύγιο με τη θήκη έχει φθάσει στο επιθυμητό βάθος, το πτερύγιο προωθείται μόνο του σταθερά και χωρίς περιστροφή σε ένα βάθος τουλάχιστον 0.50m κάτω από την προστατευτική θήκη μέσα στο αδιατάρακτο έδαφος.

(γ) Τοποθετείται η κεφαλή μετρήσεως όπως περιγράφεται στην παράγρ. 7.1 (γ).

(δ) Περιστρέφεται το πτερύγιο και λαμβάνονται αναγνώσεις όπως περιγράφεται στην παράγρ. 7.1 (δ).

(ε) Αφαιρείται το σύστημα μετρήσεως και το πτερύγιο ανασύρεται μέσα στην προστατευτική του θήκη προτού γίνει η εξαγωγή της στήλης από το έδαφος.

8. Υπολογισμοί

8.1. Η στρεπτική ροπή κατά τη θραύση M συνδέεται με τη διατμητική αντοχή του εδάφους με τη σχέση:

$$M = \frac{\pi D^2 H}{2} S_v + \frac{\pi D^3}{6} S_h \qquad (1)$$

όπου:
D = το πλάτος του πτερυγίου
H = το ύψος του πτερυγίου
S_v = η διατμητική αντοχή του εδάφους στην παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου θραύσεως και
S_h = η διατμητική αντοχή του εδάφους στις δύο βάσεις του πιο πάνω κυλίνδρου.

Οι τιμές S_v και S_h μπορούν να προσδιοριστούν από ένα σύστημα δύο εξισώσεων της μορφής (1) που προκύπτουν από δύο συνεχόμενες δοκιμές σε μία θέση, με πτερύγια διαφορετικών διαστάσεων και λόγου D/H.

8.2. Με παραδοχή ισοτρόπου εδάφους, ($S_v = S_h = S$), η διατμητική αντοχή S θα υπολογίζεται με βάση την (1) από τη σχέση:

$$S = \frac{M}{K}$$

όπου:

$$K = \frac{\pi D^2 H}{2}\left(1 + \frac{D}{3H}\right)$$

α. Για τη συνήθη περίπτωση όπου D/H = 1/2 η τιμή του K είναι:

$$K = 3{,}66\ D^3$$

β. Σε περίπτωση κωνικής μορφής βάσεως πτερυγίου με την παραδοχή ορθογωνικής κατανομής των διατμητικών τάσεων στην παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου θραύσεως και τριγωνικής στις κωνικές βάσεις του πτερυγίου ισχύει ο τύπος:

$$K = \frac{\pi D^2 H}{2} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{R^2 + t^2}}{2 \cdot H}\right)$$

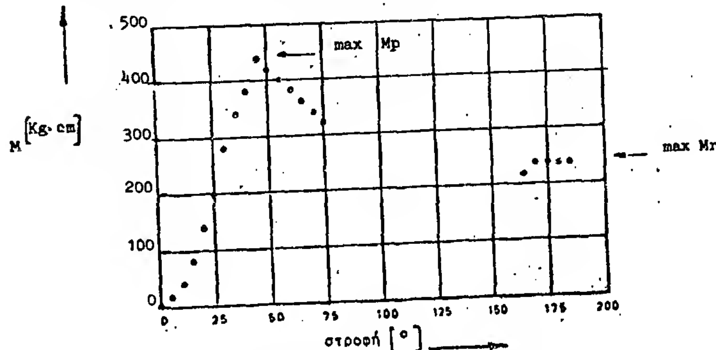
όπου 2R = D και t το ύψος των κωνικών βάσεων.
(Συνολικό ύψος πτερυγίου H΄ = H + 2t).

9. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

9.1. Αμέσως μετά το τέλος της δοκιμής συντάσσεται δελτίο όπου αναφέρονται:
(α) Η ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της δοκιμής.
(β) Ο αριθμός και η θέση της γεωτρήσεως.
(γ) Το βάθος εκτελέσεως της δοκιμής.
(δ) Ο τύπος και τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιηθέντος οργάνου, (διαστάσεις πτερυγίου κλπ.).
(ε) Οι εκτελέσαντες τη δοκιμή.
(στ) Οι ενδείξεις του μηκυνσιομέτρου και της γωνιομετρικής κλίμακας.
(ζ) Στοιχεία βαθμονομήσεως του οργάνου.
(η) Στοιχεία συμβάντων κατά τη διάρκεια της δοκιμής που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Το δελτίο αυτό υπογεγραμμένο από τους εκπροσώπους του Αναδόχου και του Εργοδότη θα υποβάλλεται μέσα σε 3 το πολύ ημέρες στην επιβλέπουσα Υπηρεσία.

Η τελική έκθεση των αποτελεσμάτων της δοκιμής θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
(α) Σχέδιο με τη θέση της γεωτρήσεως.
(β) Τομή της γεωτρήσεως με τις θέσεις των δοκιμών και περιγραφή των αντιστοίχων γεωλογικών σχηματισμών.
(γ) Διάγραμμα μεταβολής της τιμής της στρεπτικής ροπής σε συνάρτηση με τη γωνία στροφής, (Βλ. Σχ. 4).



Σχήμα 4. Διάγραμμα μεταβολής στρεπτικής ροπής σε συνάρτηση με τη γωνία στροφής.

(δ) Την τιμή, σε kg/cm², της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής του αδιατάρακτου εδάφους που αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή της στρεπτικής ροπής, με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων και ο θεωρητικός τύπος βάσει του οποίου προσδιορίσθηκαν.
(ε) Την τιμή, σε kg/cm², της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής του εδάφους που έχει αναζυμωθεί που αντιστοιχεί στην «εναπομένουσα» τιμή της στρεπτικής ροπής μετά την ταχεία περιστροφή κατά 90°.
(στ) Την ευαισθησία του εδάφους που εκφράζεται σαν λόγος

$$\frac{\text{αντοχή αδιαταράκτου υλικού}}{\text{αντοχή αναζυμωμένου υλικού}}$$

11. ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΕΣΣΙΟΜΕΤΡΟΥ

1. Αντικείμενο της Δοκιμής — Πεδίο Εφαρμογής

Η δοκιμή πρεσσιομέτρου είναι μία δοκιμή στατικής φορτίσεως του εδάφους επί τόπου, που πραγματοποιείται με τη βοήθεια μιας κυλινδρικής βολίδας με δυνατότητα ακτινικής διογκώσεως. Η δοκιμή αυτή αποβλέπει στην απόκτηση μιας σχέσεως τάσεως - παραμορφώσεως του εδάφους, με παραδοχή επιπέδου εντάσεως, και στον προσδιορισμό της οριακής αντοχής του.

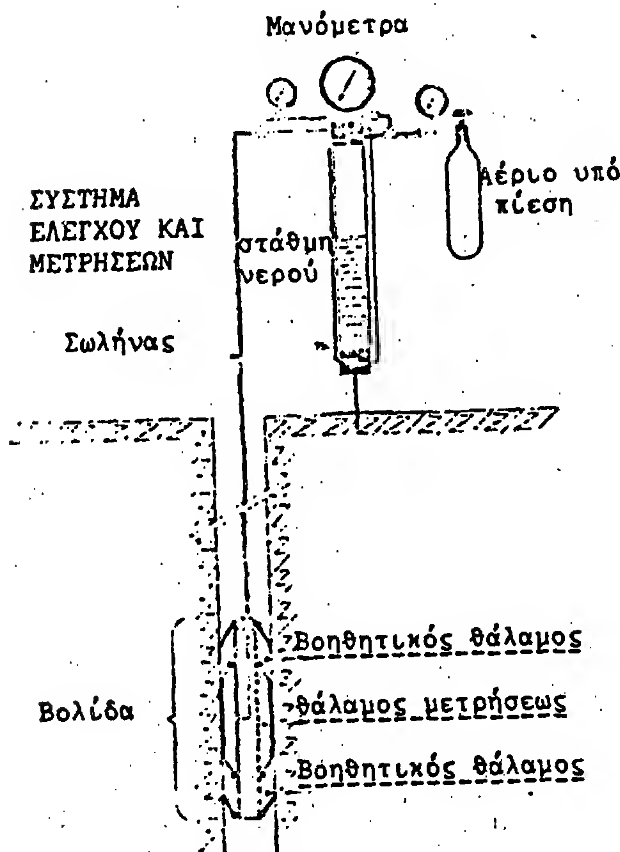
Η δοκιμή με κατάλληλη προσαρμογή εφαρμόζεται σε κάθε είδους έδαφος. Σε βραχώδη εδάφη η δοκιμή επιτρέπει να υπολογίσουμε ενδεικτικά το πρεσσιομετρικό μέτρο παραμορφώσεως αλλά γενικά δεν είναι δυνατή η επίτευξη της οριακής πρεσσιομετρικής πίεσης, (Προδιαγραφή Ε 102-84).

2. Θέση Εκτέλεση Δοκιμής

Η δοκιμή εκτελείται ως επί το πλείστον μέσα σε γεώτρηση που έχει διατρηθεί από πριν, σε διάφορες στάθμες. Σε ειδικές περιπτώσεις ασταθών εδαφών (αμμοχάλικα κλπ.), η δοκιμή εκτελείται μέσα από σωλήνα με σχισμές παράλληλες προς τον άξονά του, ο οποίος εμπήγεται στο έδαφος μέχρι το απαιτούμενο βάθος με κρούσεις ή με τις διαδικασίες που περιγράφονται στις παρακάτω παραγράφους 6.3.α. και 6.3.β.

3. Γενική Περιγραφή της Δοκιμής

Μέσα στη γεώτρηση που έχει γίνει προηγουμένως, (ή στον σωλήνα με τις σχισμές που έχει εμπηχθεί εφ' όσον χρησιμοποιείται τέτοιος), εισάγεται η κυλινδρική πρεσσιομετρική βολίδα που έχει διάμετρο λίγο μικρότερη από εκείνη της γεωτρήσεως και τοποθετείται στη στάθμη που έχει επιλεγεί για τη δοκιμή. Η βολίδα συνδέεται με αγωγούς με δοχείο υγρού που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Από το δοχείο αυτό διοχετεύεται στη βολίδα υγρό με πίεση και μετράται η διαστολή της για διάφορες επιβαλλόμενες πιέσεις. Η γενική διάταξη της δοκιμής φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Γενική Διάταξη Πρεσσιομετρικής Δοκιμής.

4. Συσκευές και Όργανα

Το πρεσσιόμετρο αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: (α) την **πρεσσιομετρική βολίδα** που είναι κυλινδρική με δυνατότητα ακτινικής διογκώσεως και που εισάγεται στην γεώτρηση στην επιθυμητή στάθμη δοκιμής και (β) το σύστημα **ελέγχου και μετρήσεων** που παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους.

α. **Πρεσσιομετρική βολίδα.** Αυτή θα αποτελείται από τρεις ανεξάρτητους θαλάμους, ένα μεσαίο όπου διοχετεύεται υγρό με πίεση και χρησιμεύει για τις μετρήσεις και δύο ακραίους εκατέρωθεν αυτού, της ίδιας διαμέτρου, που είναι βοηθητικοί και χρησιμεύουν για να εξασφαλίζουν στο μεσαίο τμήμα συνθήκες ομοιόμορφης ακτινικής παραμόρφωσεως. Στους βοηθητικούς θαλάμους συνήθως διοχετεύεται υγρό ή αέριο υπό πίεση.

Η πρεσσιομετρική βολίδα θα έχει διάμετρο 40-80mm και μήκος 40-80cm.

Το μήκος του θαλάμου μετρήσεως θα είναι τουλάχιστον ίσο προς το τριπλάσιο της ονομαστικής του διαμέτρου και μικρότερο από 50cm.

Το μήκος κάθε βοηθητικού θαλάμου θα είναι τουλάχιστον ίσο με 1.5 φορά την ονομαστική διάμετρο της βολίδας.

Η βολίδα θα προστατεύεται με μανδύα από ελαστικό ή/και από εύκαμπτες μεταλλικές λωρίδες και θα έχει την ικανότητα να αντέχει σε πιέσεις τουλάχιστον 25at.

β. **Σύστημα ελέγχου και μετρήσεων.**

Αυτό θα περιλαμβάνει:

— Δοχείο με υγρό περιεκτικότητας 1000 cm^3 τουλάχιστον.
— Φιάλη αερίου υπό πίεση.
— Ογκομετρικό κανόνα, (βαθμολογημένο διαφανή πλαστικό σωλήνα), με ικανότητα μετρήσεως μεταβολών όγκου 0.01 cm^3.
— Μανόμετρα μετρήσεως της πιέσεως αερίου και υγρού ικανότητας τουλάχιστον 25 at.
— Αγωγούς συνδέσεως της βολίδας με το σύστημα ελέγχου ικανούς να αντέξουν σε πιέσεις τουλάχιστον 25 at.

5. Προσωπικό

Για την εκτέλεση της δοκιμής εκτός από το υπόλοιπο προσωπικό που θα διατίθεται από το γεωτρύπανο, θα υπάρχει ειδικευμένος χειριστής και ειδικευμένος εργοδηγός εκπαιδευμένοι για τέτοιου είδους δοκιμές.

6. Διάτρηση της οπής

6.1. Η διάτρηση της πρεσσιομετρικής γεωτρήσεως πρέπει να γίνει με μέσα που θα εξασφαλίσουν την ελάχιστη δυνατή διατάραξη του εδάφους στα τοιχώματα της οπής. Οι συνηθισμένες καροταρίες που χρησιμοποιούνται για τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις δεν είναι πάντα κατάλληλες για πρεσσιομετρικές γεωτρήσεις επειδή προκαλούν διατάραξη στα τοιχώματα λόγω της μικρής ταχύτητας προχωρήσεως, της κυκλοφορίας νερού με πίεση μεταξύ των τοιχωμάτων καροταρίας και οπής και των κραδασμών των στελεχών. Γι' αυτό συνιστάται η διάνοιξη ιδιαιτέρων γεωτρήσεων με αποκλειστικό σκοπό την εκτέλεση των πρεσσιομετρικών δοκιμών.

6.2. Όταν πρόκειται για **λεπτόκοκκα εδάφη,** (ιλύες, άργιλοι), η διάνοιξη της οπής μπορεί να γίνει με χειροκίνητη ή μηχανοκίνητη έλικα, (auger), περιστρεφόμενο τρίπτερο, ή γραναζωτό κοπτικό, «εν ξηρώ» ή με κυκλοφορία μπεντονιτικού αιωρήματος υπό χαμηλή πίεση, (ως 5 at). Σε πολύ στιφρές αργίλους και μάργες μπορεί να χρησιμοποιηθεί κρουστικό - περιστροφικό μηχάνημα με πεπιεσμένο αέρα ή με κυκλοφορία μπεντονιτικού αιωρήματος με χαμηλή πίεση. Απαγορεύεται τελείως η διάτρηση με κυκλοφορία καθαρού νερού.

6.3. Όταν πρόκειται για **χονδρόκοκκα εδάφη,** (άμμοι, αμμοχάλικα), μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια διατρητικά μέσα με αιώρημα μπεντονίτη. Εάν παρ' όλα αυτά δεν είναι σταθερές οι παρειές και υπάρχουν καταπτώσεις, επιτρέπεται η έμπηξη της βολίδας με κρούσεις, πίεση ή ελαφρά δόνηση μέχρι το επιθυμητό βάθος. Στην περίπτωση αυτή η βολίδα προστατεύεται με ένα σωλήνα που φέρει στο τοίχωμά του σχισμές παράλληλες προς τον άξονά του, για να επιτρέπουν την ακτινωτή διεύρυνση.

Οι σχισμές θα είναι τουλάχιστον 6 κατά την περιφέρεια του σωλήνα και θα εκτείνονται σε μήκος διπλάσιο τουλάχιστον από το μήκος της βολίδας.

Σε πολύ πυκνά κοκκώδη εδάφη όπου η έμπηξη του σωλήνα με τις σχισμές δεν είναι δυνατή, θα εφαρμόζεται προδιάτρηση, σύμφωνα με μια από τις ακόλουθες διαδικασίες:

α. Θα γίνεται γεώτρηση μεγάλης διαμέτρου με προσωρινή σωλήνωση μέχρι μια στάθμη λίγο ψηλότερη από εκείνη της δοκιμής. Από τον πυθμένα αυτής της γεωτρήσεως, θα γίνεται καθοδηγητική οπή με καροταρία εξωτερικής διαμέτρου όσης περίπου είναι η διάμετρος της βολίδας και σε βάθος ενός μήκους βολίδας κάτω από τη στάθμη της δοκιμής. Στη συνέχεια θα εμπηγνύεται ο σωλήνας με τις σχισμές στην προδιατρηθείσα καθοδηγητική οπή με κρούσεις. Οι δοκιμές θα εκτελούνται μέσα από τον σωλήνα καθώς η γεώτρηση θα προχωρά.

β. Ο σωλήνας με τις σχισμές και με ανοιχτό το κάτω του άκρο, προσαρμοσμένος σε μία στήλη σωλήνων της ίδιας διαμέτρου, θα προωθείται με κρούσεις στο έδαφος, ακολουθώντας μία καθοδηγητική οπή που θα διανοίγεται με καροταρία μικρότερης διαμέτρου μέσα από τον σωλήνα και θα προηγείται ελαφρώς. Οι δοκιμές μπορούν για ευκολία να εκτελεστούν μετά το τέλος της διατρήσεως καθώς θα ανασύρεται η στήλη των σωλήνων.

6.4. — Υπάρχουν πρεσσιόμετρα στα οποία η προδιάτρηση της οπής γίνεται με ειδικό εργαλείο το οποίο φέρει η ίδια η πρεσσιομετρική βολίδα, (self - boring pressuremeter). Στην περίπτωση αυτή θα ακολουθούνται αυστηρά οι οδηγίες του κατασκευαστή του οργάνου σε ότι αφορά το πεδίο εφαρμογής του.

6.5. — Η διάμετρος της οπής, (ή του σωλήνα με τις σχισμές), μέσα στην οποία πρόκειται να εκτελεστούν πρεσσιομετρήσεις θα είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρο της βολίδας κατά 2-6mm.

Σε περίπτωση που η διάμετρος των γεωτρήσεων είναι πολύ μεγαλύτερη από την διάμετρο της βολίδας θα πρέπει να γίνεται η διάτρηση στην εκάστοτε στάθμη μέτρησης με διατρητικό μηχάνημα κατάλληλης διαμέτρου και μήκος λίγο μεγαλύτερο από το μήκος της βολίδας.

Πίνακας 1: Κατάλληλες διάμετροι βολίδας σε σχέση με τη διάμετρο της γεωτρήσεως.

Κώδικας DCDMA	Διάμετρος Βολίδας (mm)	Διάμετρος της γεωτρήσεως (mm)	
		Ελάχιστη	Μεγίστη
EX	32	34	38
AX	44	46	52
BX	58	60	66
NX	70/74	74	80

Στον πίνακα 1 φαίνονται οι κατάλληλες διάμετροι της βολίδας σε σχέση με την διάμετρο της γεωτρήσεως για συνήθεις πρεσσιομετρικές βολίδες.

7. Εκτέλεση της Πρεσσιομετρικής Δοκιμής

7.1. Η δοκιμή θα πρέπει να εκτελείται μέσα σε χρόνο 24 ωρών το πολύ από τη διάτρηση της οπής, εκτός εάν δεν υπάρχει κίνδυνος αλλοιώσεως του εδάφους λόγω απορροφήσεως νερού, (π.χ. διάτρηση με χειροκίνητη έλικα ή με χρήση αέρος, πάνω από τη στάθμη του υπόγειου νερού), οπότε μία καθυστέρηση μερικών ημερών είναι ανεκτή.

Πριν από την έναρξη των δοκιμών γίνεται πλήρωση του ογκομετρικού συστήματος, όπου συμπεριλαμβάνονται οι αγωγοί και ο θάλαμος μετρήσεως της βολίδας, με υγρό, (συνήθως νερό με ή χωρίς χρωστική και με αντιψυκτικό σε περίοδο παγετού) και επιμελημένη εξαέρωση.

7.2. Στη συνέχεια ο χειριστής διενεργεί την βαθμονόμηση της συσκευής με την παρακάτω διαδικασία:

7.2.1. Διόρθωση όγκου

Για τον έλεγχο διαρροών και/ή παρασιτικών μεταβολών όγκου λόγω διογκώσεως των σωληνώσεων καί του όλου κυκλώματος του υγρού, γίνεται βαθμονόμηση της πρεσσιομετρικής συσκευής με εκτέλεση μιας δοκιμής μέσα σε ένα χώρο γνωστών διαστάσεων και ελαστικής συμπεριφοράς π.χ. χαλυβδοσωλήνα με χοντρά τοιχώματα. Για τις πιέσεις που εφαρμόζονται σε εδάφη, δηλαδή μέχρι 25 at η παραμόρφωση του χαλύβδινου σωλήνα είναι συνήθως αμελητέα. Η βαθμονόμηση αυτή θα πρέπει να γίνεται μετά από κάθε αλλαγή που τυχόν επέρχεται στο σύστημα π.χ. στο μήκος των αγωγών, στα χρησιμοποιούμενα όργανα, στο χρησιμοποιούμενο υγρό και στις σημαντικές αλλαγές θερμοκρασίας. Σχεδιάζεται η καμπύλη μεταβολής του όγκου συναρτήσει των πιέσεων και λαμβάνεται υπόψη στη διόρθωση της πρεσσιομετρικής καμπύλης.

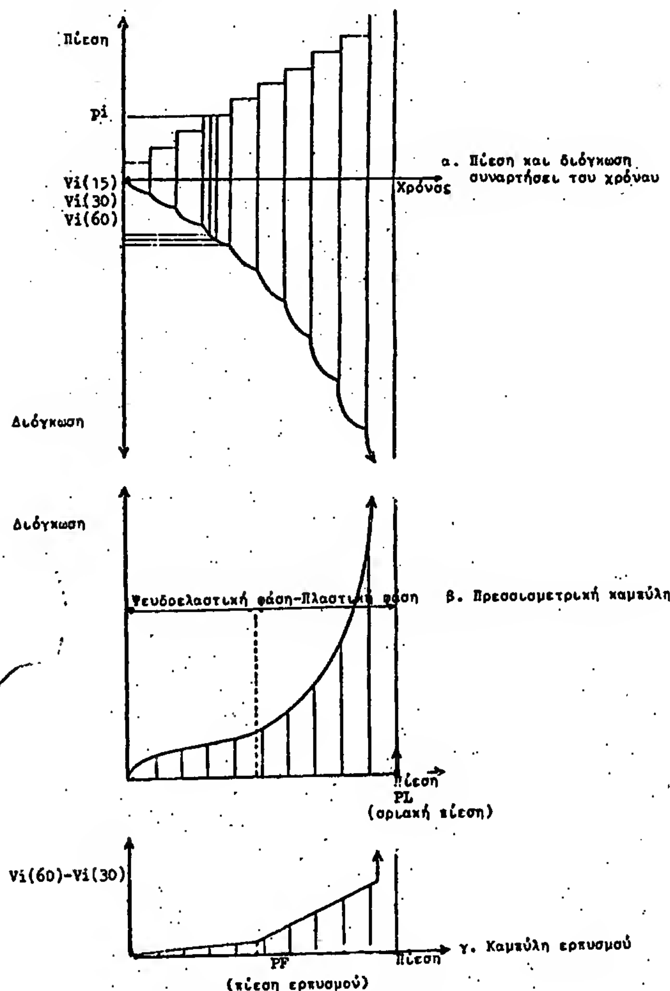
7.2.2. Διόρθωση πιέσεων

Το πρεσσιόμετρο θα πρέπει επίσης να βαθμονομείται για απώλειες πιέσεως λόγω της αντιστάσεως σε διεύρυνση του προστατευτικού ελαστικού μανδύα ή των προστατευτικών μεταλλικών λωρίδων ή του σωλήνα με τις σχισμές, (ότι κατά περίπτωση εφαρμόζεται).

Η διόρθωση συνίσταται στην εκτέλεση μίας πλήρους πρεσσιομετρικής δοκιμής έξω από το έδαφος.

Η βολίδα τοποθετείται κατακόρυφα δίπλα από το σύστημα ελέγχου και μετρήσεων και αυξάνουμε τις πιέσεις με 10 βαθμίδες της τάξεως των 10 KPa περίπου, μετρώντας την ανάλογη μεταβολή του όγκου.

Η διόρθωση αυτή εκτελείται απαραίτητα κάθε φορά που γίνε-



ΣΧΗΜΑ 2. Διαγράμματα πρεσσιομετρικής δοκιμής

ται αλλαγή της μεμβράνης της βολίδας ή τουλάχιστον μία φορά σε κάθε 10 δοκιμές.

7.3. Αφού τοποθετηθεί μηδενική ογκομετρική ανάγνωση, και χωρίς να επιτρέπεται εισροή νερού στη βολίδα, ώστε να αποφευχθεί η διόγκωση του κεντρικού θαλάμου λόγω υδροστατικής πιέσεως, εισάγεται η τελευταία στη γεώτρηση και κατεβάζεται στο επιθυμητό βάθος με βοήθεια λεπτών στελεχών ή συρματόσχοινου και του γεωτρυπάνου.

Όταν η βολίδα βρεθεί στο προδιαγεγραμμένο βάθος απελευθερώνεται η πίεση του υγρού. Με την πίεση αυτή διαστέλλεται η βολίδα και αποκαθίσταται πλήρης επαφή με τα τοιχώματα της οπής. Η αντίστοιχη μεταβολή όγκου σημειώνεται.

7.4. Στη συνέχεια επιβάλλεται φόρτιση κατά στάδια. Η πίεση αυξάνεται σταδιακά σε δέκα ίσες βαθμίδες (6 έως 14 βαθμίδες είναι ανεκτές), μέχρι το σημείο της θραύσεως. Κάθε βαθμίδα πιέσεως θα διατηρείται επί 1min και θα λαμβάνονται αναγνώσεις των ογκομετρικών παραμορφώσεων στα 15 sec, 30 sec και 60 sec. Κατά τη διάρκεια κάθε βαθμίδα φορτίσεως θα παρακολουθείται η πίεση συνεχώς και θα γίνονται διορθώσεις εάν χρειαστεί ώστε να διατηρείται σταθερή τιμή.

Οι παραμορφώσεις του εδάφους μετρούνται από την μεταβολή του όγκου του υγρού στη βολίδα μέσω των αναγνώσεων επί της ογκομετρικής κλίμακας της συσκευής.

Οι πιέσεις από τη βολίδα προς τος έδαφος μετρούνται από την πίεση του υγρού στο δοχείο μέσω των μανομέτρων και συνυπολογίζεται η πρόσθετη πίεση από τη στήλη του υγρού μέσα στους αγωγούς, από τη στάθμη του μανομέτρου μέχρι τη στάθμη της βολίδας, ενώ αφαιρείται η υδροστατική πίεση του υπόγειου νερού, αν υπάρχει.

Σημείωση 1: Το μέγεθος των βαθμίδων πιέσεως εξαρτάται από το έδαφος. Συνήθως λαμβάνεται το 1/10 της οριακής πρεσσιομετρικής πίεσης.

7.5. Η δοκιμή διακόπτεται όταν ο όγκος της κοιλότητας του εδάφους που αντιστοιχεί στο θάλαμο μετρήσεως της βολίδας διπλασιασθεί ή, (αν οι παραμορφώσεις είναι μικρές), όταν η πίεση φθάσει τις 20-25 at.

7.6. Εφόσον ο εργοδότης το επιθυμεί, είναι δυνατόν, όταν η πίεση φθάσει σε ένα στάδιο όπου οι μεταβολές του όγκου είναι αισθητά γραμμικές, (ψευδοελαστική φάση, βλ. Σχ. 2), αλλά οπωσδήποτε πριν από την απότομη αύξηση του ρυθμού των παραμορφώσεων, να εκτελεστεί αποφόρτιση και επαναφόρτιση σε ένα ή περισσότερους κύκλους. Εξάλλου κατ' εντολή του εργοδότη είναι δυνατόν ορισμένα στάδια πιέσεων να επιβληθούν επί χρόνο μεγαλύτερο του 1min. Στην περίπτωση αυτή οι μετρήσεις θα συνεχιστούν όσο χρειαστεί, και η αποζημίωση όλης της δοκιμής θα γίνει με βάση τον ολικό χρόνο διάρκειάς της.

7.7. Συνιστάται η συχνότητα των δοκιμών πρεσσιομέτρου μέσα στην ίδια γεώτρηση να μην είναι μικρότερη από 1 δοκιμή ανά 1.50 m. (κατά προτίμηση 1 δοκιμή ανά 1 m.).

8. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

8.1. Αμέσως μετά το τέλος της δοκιμής συντάσσεται δελτίο στο οποίο αναφέρονται:

(α) Η ημερομηνία και η ώρα διεξαγωγής της δοκιμής.
(β) Ο αριθμός και η θέση της γεωτρήσεως.
(γ) Ο αριθμός και η θέση της δοκιμής μέσα στη γεώτρηση.
(δ) Οι εκτελέσαντες τη δοκιμή.
(ε) Οι ενδείξεις των μανομέτρων και της ογκομετρικής κλίμακας.
(στ) Στοιχεία βαθμονομήσεώς του κυκλώματος των μανομέτρων και της επιρροής της ελαστικής μεμβράνης της βολίδας.
(ζ) Στοιχεία συμβάντων κατά τη διάρκεια της δοκιμής που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Το δελτίο αυτό θα υποβληθεί υπογεγραμμένο από τους εκπροσώπους του Εργοδότη και του Αναδόχου στην Επιβλέπουσα Υπηρεσία το αργότερο μέσα σε 3 ημέρες από το τέλος της δοκιμής.

8.2. Στη σχετική έκθεση της δοκιμής θα περιλαμβάνονται τα ακόλουθα στοιχεία:

α. Σχέδιο με τις θέσεις των γεωτρήσεων.
β. Σχέδιο των θέσεων των πρεσσιομετρήσεων μέσα στις γεωτρήσεις με περιγραφή του γεωλογικού σχηματισμού στην περιοχή των δοκιμών.
γ. Τα αποτελέσματα των αναγνώσεων πιέσεως και ογκομετρικών μεταβολών.
δ. Διαγράμματα, (βλ. Σχήμα 2):
— Μεταβολής όγκου και πιέσεως σε συνάρτηση με το χρόνο
— Μεταβολής όγκου σε συνάρτηση με την πίεση.
— Ερπυστικών παραμορφώσεων σε συνάρτηση με την πίεση
ε. Ενδεικτικός υπολογισμός του πρεσσιομετρικού μέτρου παραμορφώσεως, σε ορισμένη περιοχή πιέσεων στην ψευδοελαστική φάση με βάση τη σχέση:

$$E = K\frac{\Delta p}{\Delta V}$$

όπου $K = (1+\nu) \times 2 \times (Vo + Vm)$

Vo = αρχικός όγκος θαλάμου μετρήσεως

Vm = μέσος πρόσθετος όγκος

ν = ο λόγος του Poisson (συνήθως λαμβάνεται $\nu = 0.333$

Σημείωση 2: Με τον όρο «ερπυστικές παραμορφώσεις» καθορίζουμε τη παρατηρούμενη διαφορά του όγκου σε 30 sec και 60 sec στην εκάστοτε βαθμίδα πιέσεως.

ΑΠΟ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ